
Google

ANNALES

DES MINES.

MM. | MM.

Cordier, insp. gén., membre de l'Acad. des Sciences, profess. de géologie au Muséum d'hist. naturelle, *président*.

De Boureuille, conseiller d'État, inspecteur général, secrétaire général du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

Élie de Beaumont, sénateur, insp. général, membre de l'Acad. des Sciences, professeur de géologie au Collége de France et à l'École des mines.

Thirria, inspecteur général.

Combes, inspecteur général, membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'École des mines.

Levallois, inspecteur général.

Gorieux, inspecteur général.

De Billy, inspecteur général.

Blavier, inspecteu

De Sénarmont, in membre de l'Aca ces, professeur d

Piérard, ingénieur taire du conseil g

De Villeneuve, ing fesseur de législa

Callon, ingénieur seur d'exploitatio

Rivot, ingénieur, p cimasie.

De Cheppe, ancien sion des mines.

Couche, ingénieur seur de chemins d struction, *secréta mission*.

Delesse, ingénieur de conférence à l'l *secrétaire adjoint*

L'administration a réservé un certain nombre d'exem ales des Mines pour être envoyés, soit à titre de don tablissements nationaux et étrangers, consacrés aux sci es mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des iques français et étrangers, relatifs aux sciences et a ttres et documents concernant les Annales des Mine dressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Trav M. le secrétaire de la commission des* Annales des ac, n° 41, à Paris.

Avis.

[redacted]

ANNALES DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

5

CINQUIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME XV.

PARIS.

DALMONT ET DUNOD, ÉDITEURS,

Précédemment Carilian-Gœury et Vve Dalmont,

LIBRAIRES DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, 49.

—

1859

... France par les bennes ou c
:ages guidées.

En 1833, un système entièrement différe
lans les mines métalliques du Hartz; son p
iste à imprimer à des échelles un mouve
atif, divisant le trajet en une série de rela
esquels l'ouvrier n'a à effectuer qu'un d
orizontal. Ces échelles mobiles, connues en
ous le nom de fahrkunst, ont été depuis
erfectionnées par les Anglais et ensuite par

Le premier *man engine* (machine à hom
onna dans le Cornwall en 1842, à la mi
vean; en 1845 M. Warocqué installa à
ppareil qui a conservé son nom.

Plusieurs descriptions ont été données des
de la machine Warocqué (1); M. Combes
ité d'exploitation, signale le man engine
n, objet lui-même de rapports assez dét
s par la société polytechnique du Cornwal
letin de 1843.

'ai eu occasion de visiter récemment d...

faitement leur destination; ces appareils présentent plus de sécurité et de puissance que ceux du Hartz, et plus de simplicité que ceux de Belgique. C'est à ce titre pratique, et non pas à celui de nouveauté, qu'il m'a semblé intéressant de les décrire ici.

Voici d'abord un court historique des principales phases que suivit leur introduction, due entièrement à l'initiative intelligente et généreuse de la Société polytechnique (1).

Historiq

Dès la première réunion générale de la société, en 1834, M. Charles Fox offrit trois prix pour le perfectionnement des procédés, alors en usage, pour la descente et l'ascension des mineurs. Le meilleur projet fut celui de l'ingénieur Michael Loam, le même qui devait plus tard construire la machine de Tresavean. Cependant le concours demeura ouvert; durant plusieurs années, divers plans furent produits et des prix accordés. En 1838, M. Fox offrit 2.500 francs à la première mine qui ferait une tentative dans le sens désiré; cet exemple fut suivi par d'autres particuliers, et une somme de 14.500 francs fut remise aux mains d'un comité, chargé d'adresser des circulaires aux mines. Les exploitants de Tresavean acceptèrent les conditions proposées, et en janvier 1842, deux tiges à mouvement alternatif, conduites par une roue hydraulique, fonctionnaient jusqu'à une profondeur de 26 toises. Les paliers étaient distants de 12', l'excursion de chaque tige en avait 6; en sorte que les hommes changeaient de position à chaque palier. Sur l'avis de M. Loam, on se décida à substituer une machine à vapeur à la roue

Man engi
à deux tig

(1) Ces renseignements, ainsi que tous ceux relatifs aux man engines de Tresavean et des United-Mines, sont extraits des bulletins de la Société polytechnique.

Le 25 octobre 1842, l'appareil ainsi gnait 140 toises, et le 20 juin 1843 il éta longueur étant de 290 toises = 530 mètr ayant à cette époque 311 toises = 569 n

Le second man engine fut construit par et Loam, en 1845, aux grandes mines dit température s'y élevait au fond à 40°, et i de diminuer autant que possible la fatigu On se contenta, du reste, de copier le plan (réussi à Tresavean, en n'y apportant que (difications de détail, sur lesquelles je rev loin.

En 1851, feu le capitaine Puckey, et M West, adoptèrent pour la mine de Fowey- système nouveau.

Une seule tige garnie de paliers oscille da une série de planchers fixes y sont installé l'autre de la tige; ils sont, comme les pali le 12' et correspondent aux divers niveaux eux-ci aux extrémités de l'excursion de la rier quittant un palier, attend sur le plan alier suivant vienne se présenter à lui

[redacted]

M. Hocking, à la mine de Levant, et vers 1854 à celle de Dolcoath; on peut donc le considérer comme ayant prévalu aujourd'hui, dans le Cornwall, et je développerai les raisons qui lui donnent sur toutes les machines à deux tiges une incontestable supériorité.

Lors de mon voyage de 1858, Tresavean venait d'être abandonnée, d'un autre côté j'eus l'occasion de parcourir les trois man engines à une tige; quant à celui des United-Mines, je n'avais pu, en 1855, en examiner que l'installation extérieure.

Dans la première partie de ce travail, je passerai en revue les détails relatifs à la construction de ces appareils et aux moteurs qu'ils exigent, et j'arriverai dans la seconde à quelques considérations économiques sur les dépenses auxquelles ils entraînent, et sur les avantages qu'ils peuvent offrir.

§ Ier. — Construction des man engines.

Les cinq man engines du Cornwal présentent beaucoup de points analogues dans leurs dispositions; il serait par suite fastidieux de les décrire successivement, tandis qu'une étude parallèle de leurs principaux éléments en fera mieux ressortir les analogies et les différences. Machines motrices

Avant d'examiner l'appareil souterrain, je m'occuperai des machines motrices et de l'installation extérieure.

Dans le tableau suivant sont réunies : la profondeur de la mine, la longueur du man engine, les dimensions du cylindre moteur, les vitesses des machines et des tiges, enfin la durée totale du parcours, et la vitesse imprimée par minute à l'ouvrier.

	...	... met.	met.	
...vean. . . (1845)	311 = 568,7	290 = 530,3	36″ = 0,914	6′ =
United-Mines. (1845)	» »	210 = 384,0	32″ = 0,813	6′ = 1
			(Roue hydraulique met.	
Fowey Consols (1851-1858)	330 = 603,6	280 = 512,0	30′ = 9,144 (diamètre)	6′ = 1. (large
Levant Mine. . (1858)	240 = 438,9	200 = 365,7	20″ = 0,508	3′8″ = 1
Dolcoath. . . . (1854-1858)	284 = 519,3	220 = 402,3	20″1/4 = 0,514	5′ = 1,.

Excepté à Fowey où le moteur est une
d'environ 30 chevaux de force, toutes
chines sont à vapeur, dans le type ordi
chines d'extraction du Cornwall, c'est-à-
vertical et balancier; toutes sont à doubl

Partout l'excursion des tiges est de
= 3ᵐ,657; elles sont reliées à l'extrémi
cier en T renversé, fonctionnant comme
bout de la pièce horizontale porte une g
contre-poids; le poteau perpendiculaire
reçoit le mouvement alternatif par des lo
rattachent au moteur, situé à une plus ou
distance du puits ...

pensés, d'abord par la nécessité de maintei
avec des bois très-forts contre les tension
verses directions, plus encore par le fr
manent et considérable développé ent
d'angle fixées à l'arbre moteur et à l'axe
enfin par l'inconvénient inhérent au tamb
dire la constance du rayon, d'où résulte
très-imparfait entre les efforts corresponda
parties de la chaîne.

Aussi presque toutes les machines de
récente, sont-elles munies de cages, soit 1
arbre horizontal, mû par un engrenage plan
avec les cylindres à longue course, directen
par l'arbre moteur.

C'est évidemment à ce type de machine
bon de recourir pour les man engines, de 1
l'ancien.

La convenance qu'il y avait à Levant et
tiliser les whims existants, a conduit l'ing
ing à résoudre élégamment la question
ation d'un mo...

à côté est installée, comme je l'expliquerai ci-après, la grande roue conduite B, de diamètre à peu près égal à celles des United-Mines; l'une et l'autre ont 1' d'épaisseur.

Lorsque le man engine est en marche, la roue A est liée à l'arbre par trois goujons verticaux qui la traversent, et sont eux-mêmes boulonnés en dessous à un fort plateau en fonte adhérent à l'arbre, et sur lequel la roue repose; A et B sont alors en prise : quand on veut extraire, on soulève A à un peu plus de 1' au-dessus de sa précédente position, et elle est alors folle sur l'arbre. Cette manœuvre se fait encore à Levant avec des leviers et à bras d'hommes; mais à Dolcoath un levier terminé en fourche vient embrasser A; ses extrémités percées de trous, ainsi que A, reçoivent deux goupilles, et la queue du levier est abaissée par une chaîne, qui s'enroule sur un treuil à engrenages.

L'arbre de B ne peut pas dépasser la roue, au-dessus de laquelle se promène la bielle; il a 6' depuis le plan inférieur de B jusqu'à la crapaudine, solidement installée sur un bloc de granite, dans une fosse en maçonnerie; il est en outre maintenu au-dessous de B par un palier boulonné sur une forte pièce de bois de $0^m,40$ d'équarrissage, noyée elle-même dans la maçonnerie et reliée à la traverse qui supporte l'arbre moteur de la machine.

Pour combattre la tendance au renversement, on a placé sur l'alignement du puits et de B, et au delà de B, un balancier contre-poids (*c*) chargé de 5 tonnes, mû par une longrine (*l*) dont la tête est aussi conduite par le bouton de B. A Dolcoath cette longrine a 44' $= 13^m,310$ de longueur et 8'' $= 0^m,203$ d'équarissage; le balancier est établi dans une fosse de 15' $= 3^m,57$ de profondeur; il a la forme d'un triangle rectangle

branches verticales passent dans (formant fourche et boulonnées sur zontales de la longrine.

Quant à la transformation prin(man engine, elle est disposée différ(mines.

A Dolcoath, la distance totale est d On a une première longrine (l') de ε 24′ de longueur; vers son extrém une direction perpendiculaire à sa une longrine (l'') de 22′, retenue à l' palier, et pouvant décrire du côté (arc de cercle. Ce rayon de 22′ est s(lieu par une glissière et à son extrémi roulant sur une bande de fer; il su plateau (p) élargi en forme de 8, a par des goujons, d'une part la tête d de l'autre celle de la ligne des tiran balancier du man engine. L'arc déc(une corde de 12′; il est facile de voir horizontale entre son sommet et l'u mités n'est pas supérieure à 1′. Les 1 bois de ...

ions; l'emploi de bennes ordinaires no
indispensable de protéger le man engi
tures de câbles.

A Tresaveau, le puits n'est verti
70 toises de la surface; ensuite il est
fait avec la verticale un angle qui vari

A Levant, l'inclinaison après avoir
l'est devient assez fortement ouest dan
enfin, à Dolcoath, on descend vertic
50 toises, on a ensuite une inclinaison
puis d'au moins 2' (1 de base pour 3 de
toujours au sud.

Tous ces puits sont rectangulaires, ma
que là où la roche l'exige; c'est ce qui
lement pour les 10 ou 15 premières toise
sont taillés avec plus ou moins de régi
bon d'observer que, eu égard au mode
la tige et à la position de l'ouvrier su
doivent offrir une section horizontale
qu'il ne serait nécessaire dans le cas
lité.

ie dit. Les tiges des man engines sont co

A Fowey et à Levant . . .	8″ = 0,203 sur toute la longueur.
A Tresavean.	7″½ = 0,190 sur toute la longueur.
A Dolcoath successivement.	8″ = 0,203, 7″ = 0,178 et 6″½ = 0,165.
Aux United-Mines.	7″½ pour les 60 premières toises.
	7″ pour les 100 suivantes.
	6″½ pour les 50 dernières.

On venait à Dolcoath de remplacer quelques pièces de Longsound, qui n'étaient pas neuves lors de leur mise en place, par du bois de Memel (Baltique) de très-bonne qualité; mais revenant tout équarri à un prix plus élevé.

Jonction des parties de la tige. (*Strapping plates.*)

Les diverses pièces sont réunies selon le mode qui a aujourd'hui prévalu pour les tiges des pompes, c'est-à-dire par quatre bandes de fer forgé, serrées deux à deux par des boulons qui traversent le bois; les extrémités des pièces sont coupées franc, sans aucune entaille, et mises bout à bout. Les bandes (*strapping plates*) en fer de très-bonne qualité, ont généralement 1″ = 0m,025 d'épaisseur, 5″ = 0m,127 de large, et 10′ à 12′ = 3m,047 à 3m,657 de long; les boulons ont 1″¼ = 0m,031 de diamètre et sont espacés de 18″ = 0m,457, de manière que chaque tige est retenue par 8 boulons (*fig.* 2).

Paliers ou marchepieds. (*Platforms.*)

Les paliers sont en bon plateau de sapin, ou mieux en chêne, de 1″½ = 0m,038 d'épaisseur; quant à leurs dimensions superficielles elles dépendent du type du man engine et de diverses considérations.

A Tresavean, ils sont carrés et ont 15″ = 0m,380 de côté; le vide que franchit l'ouvrier est de 7″ = 0m,178. Aux United-Mines, on a été conduit, ainsi que nous le verrons, à espacer davantage les deux tiges; aussi tout en conservant la profondeur de 15″, on a dû porter la largeur à 18″ = 0m,457; le vide n'est que de 6″ = 0m,152.

...ce de glisser
d'ailleurs, s'il n'a qu'un mouveme
12" sont suffisants pour les deux p
rapprochés. et l'ouvrier se trouve
la tige, de manière que ses épaul
risque de heurter le plancher vers
supposant dans ce plancher une ou
Une largeur de 22" à 24" paraît c
palier de 12" il restera de chaque c
de 6"; avec un palier de 16" le vid
4". Tels sont, du reste, à peu près le
respectivement à Fowey et à Dolcoat
vrier attend au bord du plancher
cendant vienne s'arrêter à son nive
passe le plancher plus qu'il ne convien
par le palier. C'est, en effet, ce qui p
vide de 3" ou 4" seulement, tandis qu
se projeter de 6" en avant sans qu'on
cette circonstance la tête et les ép
sont également moins exposées au c
cendant.

Il est inutile de dire que les pal
horizontaux, et que leurs ...

[redacted]

console; en son milieu un appendice soudé à la forge se redresse verticalement sur une hauteur de $7'' \frac{1}{2}$, c'est-à-dire dépasse de 6″ le dessus du plateau; il est maintenu sur la tige par un anneau à deux pointes enfoncées dans le bois, et par trois grands clous. Les deux branches latérales vont rejoindre la face antérieure de la tige à une distance de 16″, égale à la profondeur du palier, leurs extrémités reçoivent trois clous sur une longueur de 6″.

A Fowey on a employé du fer d'angle, et les bouts des branches sont cloués sur les faces latérales.

Dans tous les man engines, à $4' = 1^{m},22$ au-dessus de chaque palier commence une poignée en fer rond de $\frac{3}{4}'' = 0^{m},019$, et de $2' = 0^{m},61$ de longueur; elle est fixée verticalement, et ses extrémités recourbées pénètrent simplement dans le bois. Poignées. (*Handles.*)

Pour plus de sécurité, on a mis, à Fowey, des poignées analogues sur de petits poteaux de $3'' \frac{1}{2} = 0^{m},089$ d'équarrissage, dressés sur chaque plancher de part et d'autre de la tige : l'ouvrier qui ferait un faux pas peut s'y retenir.

Il y a lieu de distinguer parmi les dispositions de guidage : Guides divers.

1° Les glissières pour parties verticales;

2° Les poulies pour parties inclinées;

3° Les brise-angle divers, aux points de changement notable dans l'inclinaison.

Enfin on utilise, comme guides, en marche ordinaire, les pièces nommées *catches*, destinées à soutenir la tige dans les cas de rupture.

Toutes ces dispositions sont imitées de celles adoptées pour les pompes, modifiées cependant presque toutes par la nécessité de laisser libre le devant de la tige. Dans le cas seulement où, ainsi qu'à Levant, l'incli-

[redacted]

pieces. Une planche de hêtre de $1'' \frac{1}{2}$ d'épaisseur, constituant ce qu'on appelle un *lining* contre le frottement, est retenue derrière la tige par des étriers (*staples*) serrés à ses extrémités.

Ces divers guides, y compris les catches, ne doivent pas laisser de l'un à l'autre un intervalle de plus de 10 toises = $18^{m},29$.

Brise-angl (*V bob*.)

Le brise-angle le plus simple est ce qu'on appelle le *V bob*; il a la figure d'un triangle isocèle, dont l'angle au sommet est le supplément de l'angle obtus, compris entre les deux inclinaisons. Les deux côtés sont en bois; ils s'ajustent dans une forte pièce en fonte munie de deux tourillons, qui sont l'axe d'oscillation et se meuvent dans un palier fixé à une poutre; celle-ci butte directement contre la roche. Les deux branches du V sont terminées par des têtes en fonte, et leur écartement maintenu par deux barres de fer parallèles formant la base du triangle. Entre ces barres il y a, à chaque sommet, place pour les tiges terminées en têtes de bielles. On conçoit que chacun de ces points décrit un arc de cercle dont le rayon est égal au côté du *V bob*; et que de la longueur de ce rayon dépend l'amplitude de la déviation. La corde de l'arc a toujours ici 12', avec un bob de 24', la déviation sera de 9'',216.

L'établissement de ce brise-angle exige toujours qu'on entaille la roche sur une assez grande étendue et présente, en outre, pour le man engine des inconvénients particuliers. Ainsi il n'est pas ici possible, comme dans les pompes, de maintenir la tige entre deux poulies opposées, et les mouvements de déviation se traduisent en vibrations sur une assez grande longueur; en outre, excepté le cas assez peu fréquent où le changement d'inclinaison n'est qu'un simple rapprochement

[redacted]

a aussi 4', et l'inférieure 2' seulement; en haut la liaison est faite par 5 étriers, en bas par 3.

Ces étriers sont en fer de 2" = 0^m,05, sur 1" = 0^m,025, recourbés suivant 3 côtés d'un rectangle; les bouts des grands côtés portent un pas de vis et sont boulonnés par-dessus un anneau allongé qui ferme le rectangle : à l'intérieur la tige et la contre-tige sont garnies de *lining*. On voit que ces catches fonctionnent très-efficacement comme guides.

A Fowey, les échelles ne vont que d'un plancher à l'autre; à Dolcoath, où on ne s'est pas soumis à cette condition, la tige porte clouées de distance en distance des barres en échelle de perroquet, et sur lesquelles, en cas d'accident, le mineur grimperait jusqu'à ce qu'il puisse regagner les échelles principales.

La machine motrice, si l'on marche à vide, ne doit guère avoir à vaincre que les frottements; c'est-à-dire que le pòids des tiges doit être à peu près équilibré. Balancier contre-poi (*Balance bo*

Excepté à l'intérieur du puits des United-Mines, où l'on a mis à profit le mouvement inverse des deux tiges, on se sert partout des *balance bobs* ordinaires des pompes.

Voici comment ils sont espacés et chargés à Dolcoath :

		tonnes.
Surface. . .	Petit balancier au delà de l'engrenage. .	5
	Grand balancier à la bouche du puits. . .	8
Niveau de	90' = 164^m,5, un balancier.	7
Niveau de	120' = 229^m,4, un balancier.	10
	Contre-poids total.	30

A Levant on a aussi 4 balanciers disposés d'une manière analogue et chargés d'environ 33 tonnes. A Fowey on en compte seulement 3, dont un au jour et deux dans le puits.

Dans ces conditions, les contre-poids hydrauliques, employés parfois pour les pompes, seraient ici d'un excellent usage. On sait qu'ils consistent en une colonne de tuyaux remplie jusqu'à une hauteur correspondante à la charge dont on a besoin, et en un corps de pompe et piston plongeur, toujours en communication avec la colonne liquide. Convenance de balancier hydraulique

Outre que cet ensemble exige peu de place, le guidage qui résulte du mouvement du piston remplacerait avantageusement les oscillations imprimées par le bob. La seule objection serait la nécessité d'entretenir l'eau des tuyaux, dont une partie s'échappe par les joints et la boîte à étoupes; encore serait-elle levée si un autre compartiment du puits se trouvait consacré à l'épuisement.

Aux United-Mines, on a deux balances bobs ordinaires près de la bouche du puits, et dans la profondeur 3 *balance levers*, dont un au niveau de la galerie d'écoulement, le second 40 toises plus bas, et le dernier à 72 toises au-dessous du précédent. *Balance levers* des United-Mines

Un croquis de ces levers est donné à la Pl. IV du *Bulletin de la Société polytechnique* pour 1845; je me bornerai ici à une description sommaire.

Une crémaillère de 14′ de longueur est boulonnée sur chaque tige, à l'arrière et vers le côté extérieur; les tiges étant distantes de 24″ d'axe en axe, une roue d'engrenage, d'un diamètre à peu près égal, se trouve constamment en prise avec les deux crémaillères.

Cette roue n'est pas montée sur un axe fixe, mais bien suspendue à l'extrémité d'un petit balancier contre-poids, dirigé dans le même plan qu'elle, c'est-à-dire dans un plan parallèle à celui des tiges, et à l'arrière de celles-ci. Les tringles qui supportent la roue ont environ 16′ de longueur, de façon que le balancier n'est

[redacted]

Un devis complet serait donc sans grande utilité; aussi ayant indiqué précédemment les dimensions de toutes les pièces principales, je me bornerai à donner ici le prix des matières premières dans le Cornwall, en y joignant toutefois, d'après le rapport du capitaine J. Jennings, le tableau des dépenses faites à Tresavean.

Machines. — En 1858, la fonderie d'Hayle se chargeait de livrer aux prix suivants les machines d'extraction, avec la cage, la chaudière et tous ses accessoires :

	£	fr.
Cylindre de 20″; chaudière, 9^{t}; force, 24^{ch}, pour	640 =	16.000
Cylindre de 24″; chaudière, 10^{t}; force, 34^{ch}, pour	770 =	19.250

Une machine de rotation de 36″ ne dépasserait guère 27.000 francs.

Bois. — Les pièces de Longsound prises au chantier du marchand se vendaient 35 sh. le *load* de 50′ cubes. Le cubage se fait en prenant pour section le produit des longueurs comprises entre les faces principales du bois; par suite de la forme octogonale irrégulière des pièces, la réduction à faire sur le cube indiqué est 16,5 p. 100; une autre déduction usitée par les vendeurs peut être évaluée ici à 3,5 pour 100; en sorte que le mètre cube vrai coûterait environ 38^{f},60 pour le bois brut.

Le déchet pour amener les pièces aux équarrissages convenables est toujours important; le sciage se paye 2 sh. à 2 sh. 3 d. par 100′ quarrés, soit 0^{f},10 à 0^{f},12 par mètre quarré; en sorte que le mètre cube de tige en bois de Norwége revient à un prix de 60 à 65 fr. Celui de Memel coûtait à Dolcoath 80 francs.

La densité du sapin de Norwége est 0,58; une tige de 8″ = 0^{m},203 de côté, cube 4^{mc},121 par 100 mètres courants et pèse 2.390 kil.

Tableau des dépenses faites à Tresavean pour l'établissement du man engine à deux tiges sur une longueur de 530^m,3 (1).

Machine de 30'' = 0^m,914, à double effet ; engrenage et mécanisme complet		fr. 32.236,25
Man engine et accessoires.		
Tiges de sapins de 0^m,19 d'équarrissage à 2^f,311 le mètre courant, 1.060 mètres		fr. 2 450,00
Bois d'appui, tirants pour balance bobs, etc.		871,25
Paliers, 290		120,00
Transport des bois, sciage des tiges, etc.		1.162,50
34.500 kil. de fer pour jonction, boulons, poignées, etc.		6.387,50
6 balances bobs à 1.250 francs		7.500,00
2 V bobs à 1.000 francs		2.000,00
Echelles (matériaux, fer, bois et sciage) pour 530 mét. à 2^f,127		1.137,00
Main-d'œuvre.. Charpentiers, 300^j à 2^f,50	750^f,00	11.187,00
Forgerons... 1 333^j à 3^f,00	4.000^f,00	
Boiseurs.... 1.812^j à 3^f,00	5.437^f,00	
Pour les installations de surface..	1.000^f,00	
Prix de l'appareil pour les 530^m,323		32.816,25
Soit par mètre courant 61^f.864.		
Dépense totale, y compris la machine motrice		65.052,50

(1) Dans ce tableau, j'ai cru devoir indiquer, sous toutes réserves, les quantités et prix approchés, le rapport précité ne donnant que les dépenses correspondantes à chaque source.

Aux United-Mines, le prix de l'appareil était un peu inférieur à 50.000 francs ; on estimait à 25.000 francs la machine déjà en service.

Quant aux man engines à une seule tige, ils offrent évidemment une réduction de moitié sur l'appareil proprement dit ; ils nécessitent la construction de planchers de 2 en 2 toises, c'est-à-dire beaucoup plus rapprochés qu'il n'est utile dans l'autre type. Pour un puits vertical de 500 mètres en bon état, le man engine à une tige ne reviendrait pas, machine comprise, à moins de 60.000 francs.

§ II.— Considérations économiques.

J'examinerai successivement les questions suivantes :

Conditions de marche des man engines ; résultats obtenus et possibles ; forces et types des machines mo-

la puissance maxima de ces appareils, et de pouvoir comparer des chiffres théoriques, il est vrai, mais possibles rigoureusement, et indépendants des convenances locales.

Occupons-nous seulement des ouvriers descendants, en nombre d'ailleurs indéterminé. Dans les deux systèmes, la montée s'effectue pendant le même laps de temps que la descente, on n'aura qu'à considérer comme double le trajet simple dont il s'agira ici.

Je rappellerai que dans le type à une tige l'ouvrier occupe successivement tous les paliers, et peut être, à chaque plancher, remplacé par un autre marchant en sens contraire; tandis que dans l'autre système, l'ouvrier ne revient à la même tige que de deux en deux paliers, laissant tous les paliers intermédiaires comme route distincte au courant opposé; enfin que partout l'espacement des paliers, c'est-à-dire la longueur de l'excursion de chaque tige, est de 2 toises = $3^{m},657$.

Désignons :

Par L la longueur du man engine en toises; $\frac{L}{2} = P$ sera le nombre des paliers sur chaque tige;

Par e le nombre d'excursions par minute faites par chaque tige dans le système à deux tiges; par e' celui d'une tige unique;

Par n le nombre d'ouvriers à descendre;

Par t et t' les temps correspondants, exprimés en minutes, pour les deux systèmes.

A Tresavean, le premier ouvrier en tête arrive au bas du puits, après avoir parcouru sur une des tiges $\frac{P}{2}$ paliers; ce qui exige un temps $\frac{\frac{1}{2}P}{e}$; à partir de ce moment chaque excursion de cette tige dépose un ouvrier,

[redacted]

Cherchons combien d'excursions e' il faut donner par minute à une tige pour avoir, toutes choses égales d'ailleurs, une activité équivalente à celle de deux tiges en faisant chacune e. C'est-à-dire posons : $t = t'$

$$\frac{\frac{1}{2}P + n}{e} = \frac{P + n}{e'}, \quad \text{d'où} \quad e' = 2e\,\frac{P+n}{P+2n}. \qquad (c)$$

De cette égalité résulte :

1° Que e' est toujours plus petit que $2e$;

2° D'autant plus pour une même profondeur que le nombre n d'ouvriers est plus grand;

3° Que pour un même nombre d'ouvriers, e' devra augmenter avec la profondeur.

Pour fixer les idées, voyons ce que devrait être e' s'il s'agissait de subtituer à Tresavean une tige fonctionnant aussi activement que les deux existantes. On a alors avec les même données hypothétiques :

$$e' = 2 \times 3\,\frac{145 + 245}{145 + 2 \times 245} = 4,486,$$

c'est-à-dire qu'une tige donnant 4,5 coups par minute serait plus efficace que les deux tiges qui en donnent chacune 3.

Les limites de vitesse que la pratique a indiquées pour les man engines du Cornwall sont $e = 3$ et $e' = 6$; avec ces valeurs de e et de e', la sécurité de l'ouvrier est sauvegardée.

En nous rapprochant des données réelles, admettons à Tresavean 500 ouvriers, et 3 postes par 24 heures composés, ceux de jour de 200 et le poste de nuit de 100, et cherchons les valeurs respectives de T et de T', nécessaires au service, avec l'appareil existant, et avec une tige donnant 6 coups. Il suffira de calculer t et t' pour un changement de poste de 200 ouvriers et de tripler les résultats obtenus.

[redacted]

Ainsi exprimées, Tu et $T'u$ ont la même forme, ce qui se conçoit, car les $\frac{P}{2}$ ouvriers des deux tiges sont constamment en mouvement, tandis que les P ouvriers de la tige unique sont la moitié du temps sur les planchers fixes.

Appliquons ces formules aux données de Tresavean et de Dolcoath, et prenons en même temps les quotients par 33.000, pour avoir la force en chevaux équivalente :

		lbs à 1' par m.		chevaux.
Tresavean. . . .	$Tu = 145 . 3 . 12 . 150 =$	783.000,	d'où	23,73
Dolcoath.	$T'u = 110 . 3{,}5 . 12 . 150 =$	693.000,	d'où	21,00

Si de cette hypothèse nous passons à l'extrême opposé, en admettant les deux courants contraires en marche, nous voyons que sur le man engine à deux tiges il y a équilibre permanent, le même nombre d'ouvriers occupant toujours les deux tiges, animées chacune d'une translation inverse; tandis que sur la tige unique l'équilibre est alternatif, si je puis m'exprimer ainsi : c'est-à-dire que si la machine est munie d'un volant assez considérable pour emmagasiner le travail moteur dû au poids des hommes descendants, ce travail sera rendu intégralement à la montée suivante. L'excédant du poids de l'appareil non équilibré produit le même effet; de telle sorte que dans les deux systèmes il ne reste à vaincre que les frottements.

Ces observations mettent en évidence un avantage du type à une tige; supposons le puits vertical, et $e' = 2e$; le frottement dans les glissières, surfaces parallèles à la charge, sans être indépendant de celle-ci, est loin de lui être proportionnel, car il ne résulte que des vibrations et des déplacements latéraux; la tige unique faisant, sous une charge double, un parcours équivalent à celui des deux tiges, le frottement sera très-

[redacted]

cune des deux tiges (1), ou 6 pour une tige unique. Ces nombres sont évidemment équivalents quant au temps laissé à l'ouvrier, si l'on a égard au mouvement relatif des points d'appui; savoir les paliers des deux tiges d'une part, et de l'autre un palier mobile et un plancher fixe.

Considérons le man engine de Fowey donnant 6 coups par minute; supposons, le parallélisme de la bielle, les tiges rigides et inextensibles et le mouvement circulaire uniforme.

6 tours par minute correspondent à 1 tour en 10 secondes; le bouton de la manivelle décrit un cercle de $6' = 72''$; prenons des arcs de cercle, fractions simples de la circonférence et divisés en deux parties égales par un point mort, et calculons les cosinus verse des demi-arcs, on aura :

$\frac{360°}{5} = 72°$ décrits en 2 secondes; cosinus verse $36° = 13'',75$

$\frac{360°}{6} = 60°$ décrits en $1\frac{2}{3}$ seconde; cosinus verse $30° = 9'',71$

$\frac{360°}{10} = 36°$ décrits en 1 seconde; cosinus verse $18° = 3'',52$

En s'arrêtant à ce dernier intervalle, on voit que, même géométriquement, l'ouvrier a 1 seconde à lui, pendant laquelle le palier n'est pas à plus de $3''\frac{1}{2}$ du plancher.

J'ai montré précédemment qu'un man engine fonctionnant dans de semblables conditions était bien suffisant pour répondre aux besoins d'une mine considérable; une disposition assez simple permettrait je crois,

(1) Sur des Fahrkunst du Hartz, à deux lignes et conduites aussi par rotation, on donne jusqu'à 6 et 8 excursions à chaque tige par minute; mais la longueur de l'excursion n'est que $1^m,15$ contre $3^m,657$ dans le Cornwall.

[redacted]

vers le point mort. En effet, la tige, comme celle des pompes, part toujours assez rapidement au moment de l'admission de la vapeur dans le cylindre; l'ouvrier qui sait avoir du temps devant lui a pu ne pas se presser, et se présenter devant le plateau à l'instant de ce brusque départ, tandis que sur le man engine il a à se préoccuper de saisir la période favorable, et s'il est un peu en retard, il peut encore atteindre le palier sans craindre aucun choc.

Avantage économique des machines rotatives.

Le caractère essentiel du man engine, est de fonctionner par intervalle aux heures de changements de postes; rien n'est donc plus naturel que de chercher à la machine motrice un emploi en dehors du temps où il l'occupe. On évite ainsi d'avoir à entretenir la chaudière en feu, et les mêmes mécaniciens font leur journée régulièrement. Or la force dont il convient de disposer est de 35 chevaux effectifs, et c'est précisément celle qu'exigent les machines d'extraction dans les mines métalliques *profondes*. Même en admettant qu'on pût, dans les intervalles d'inaction, adapter facilement la machine, supposée non rotative, à une ligne de pompes, une force de 35 chevaux à la profondeur, qui rend rationnelle l'existence d'un man engine, donnerait un résultat insignifiant.

Machines en service.

Dans le Cornwall, les machines de rotation à double effet sont construites pour une vitesse du piston de 250′ par minute = $1^{m},1033$ par seconde; la pression moyenne de la vapeur est estimée à 10 lbs. par pouce quarré = $0^{k},702774$ par centimètre quarré.

Le tableau suivant présente la force en chevaux des quatre machines, telle que le constructeur l'évalue, et telle qu'elle ressortirait de la vitesse réelle, en admettant que l'on conservât la même pression moyenne.

Sans attacher à ces chiffres plus d'importar
en méritent, il en ressort cependant que
emières machines sont trop fortes, et les d
ères trop faibles pour le service qui leur est d
r suite que la consommation de combustil
lle part réduite à un minimum, mais est sur
rée à Levant et à Dolcoath.

Les dépenses faites par mois pour le mote
tien et le graissage de l'appareil étaient évalu
rapports des captains à :

25 liv. = 625 fr. à Tresavean, et à 30 liv. = 7
ıs, aux United-Mines. Voici comment je crois
établir pour les mines de Levant et de Dolc

Levant. — On extrait deux à trois jours par
ıne profondeur de 79 toises. On a conso
llet 1858 :

	fr.
uille, 20ᵗ 800ᵏ à 21 fr. la tonne.	436,8
ile, suif, étoupes (graissage du mécanisme xtérieur).	56,0
ıécaniciens à 68ᶠ,75.	137,8

pour le man engine, et le reste de la journée pour l'extraction.

	fr.	
Houille, 28^t 350^k à 19^f,40.	550,00	
Graissage, etc..	50,00	
2 mécaniciens à 75 fr.	150,00	
Total à la machine.	750,00	
	fr.	
Attribuant au man engine ½ de la dépense. . .	375,00	
Graissage de tout l'appareil.	35,00	£ sh.
Total pour le man engine. .	410,00	= 16 8

Ces deux appareils de construction récente n'exigent encore qu'un très-faible entretien.

Si l'on compte l'intérêt et l'amortissement pour les dépenses d'établissement du man engine, et pour la moitié du prix de la machine, au taux de 10 p. 100 par an, on aura, sur une somme d'environ 50.000 francs; 5.000 francs par année, soit par mois 416 francs. Dans le tableau suivant, j'ai réuni cet élément aux dépenses courantes, et j'en ai déduit les frais approximatifs à attribuer à un mineur par mois et par voyage complet, descente et montée.

MINES.	Personnel.	Nombre de voyages complets par mois de 26 jours.	Profondeur moyenne.	Dépense totale par mois.	Dépense par homme et par mois.	Prix du voyage complet.
			mèt.	fr.	fr.	fr.
Tresavean.	490	12.740	450	1.150	2,347	0,0903
Levant.	220	5.720	300	816	3,709	0,1426
Dolcoath.	375	9.750	400	826	2,202	0,0845

Quoique les chiffres de la dernière colonne soient très-peu élevés, il est bon de se souvenir des conditions défavorables dans lesquelles on y arrive : le combustible est à 20 fr. la tonne; les périodes de marche, au nombre de trois, sont prolongées bien au delà du temps nécessaire; enfin à Dolcoath la machine est trop faible,

ıdis que d'autres peuvent être représentés
iffres.

Estimons d'abord simplement l'économie c
· le parcours.

?our remonter des échelles de 460 à 500 mè
rrier met environ 1 heure; la descente se fa
,o minutes; les vitesses d'ascension et de ‹
t donc respectivement 8 mètres et 13 mètr
; et la vitesse moyenne 10 à 11 mètres par
ɹe tableau (page 6) indique pour Tresavean
ɔour Fowey 20^{m},48; dans ces conditions le ı
ɘ fait gagner moitié sur le voyage complet,
m 50 minutes par journée d'ouvrier.

e calcul suivant du captain W. Francis se r
United-Mines.

rofondeur 384 mètres. Voyage par échelles
ıs; par le man engine 34 minutes; gain de
journée; soit 150 heures par an :

	£	sh.
hommes à 4 d. = 0^{f},40 l'heure. . .	1.125	»

[redacted]

dans un temps égal; aussi le travail total, dont il est capable pendant une journée est réduit plus que proportionnellement au temps absorbé à les parcourir.

La seule manière d'aprécier l'influence du man engine sur le travail du mineur, est de se rendre compte des modifications subies par les prix immédiatement après son introduction.

D'après le rapport de M. J. Richard sur Tresavean, tous les marchés passés avec les Tutworkmen et les Tributors offraient une réduction de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{6}$ (1).

Or une diminution de $\frac{1}{6}$ dans les frais de percement et d'abatage correspond, pour des conditions égales, à un accroissement de $\frac{1}{6}$ dans la production. La part des frais généraux et de l'épuisement dans le prix de revient du minerai marchand se trouve donc abaissée dans la même proportion. Théoriquement la même production se soutiendrait en réduisant le personnel souterrain de $\frac{1}{7}$. Soit alors 450 ouvriers à 3 liv. par mois ou 36 liv. par an : $\frac{1}{7} \times$ 16.200 liv. = 2.314 liv. = 57.850 francs d'économie annuelle sur les travaux intérieurs. Ce chiffre, quoique résultant d'une simple hypothèse, est inférieur aux économies réelles faites sur la production accrue, mais suffit pour montrer en combien peu de temps les frais d'établissement d'un man engine peuvent être couverts.

A un point de vue moins précis, mais non moins important, le man engine offre au mineur, après une laborieuse journée, un soulagement dont seul il peut être le juge, et une sécurité au moins égale, si ce n'est supérieure, à celle des échelles; il permet d'employer au

(1) Aussi conseille-t-il aux mines métalliques profondes, qui ont devant elles un avenir probable de dix ans, à établir sans hésitation un man engine.

... sont rendues ...
faciles là où, en raison même des diffic...
nature, qui augmentent souvent en pro...
deviennent plus que jamais nécessaires ...
l'entreprise.

De toutes les considérations précéden...
reconnaître, comme je l'affirmais au comm...
ce travail, que les man engines du Cornw...
une puissance satisfaisante un caractère de ...
plicité et de solidité dans leur constructi...
riorité du nouveau système à une tige su...
est, je pense, clairement démontrée; et j'...
mon but principal, si je fais voir mainte...
tige unique, établie dans les conditions ...
Cornwall, présente de nombreux avantages ...
autres procédés usités jusqu'ici.

Les points de comparaison examinés sép...
dessus, peuvent se résumer ainsi, en prena...
$e' = 2e$.

Pour une tige unique : l'installation est ...
...endieuse; la vitesse de translation est la ...
...ourant une fois ...

[redacted] [redacted]

désignant par d pour tous les systèmes la distance de deux paliers successivement occupés par le même ouvrier, on peut représenter leur marche par la formule générale suivante :

$$t = \frac{L}{d \cdot e} + \frac{n}{e},$$

ou en posant $d \cdot e = V$ vitesse de translation

$$t = \frac{L}{V} + \frac{n}{e},$$

expression du temps nécessaire pour descendre n ouvriers à la profondeur de L mètres, en faisant par minute e excursions de d mètres chacune.

L'appareil le plus actif sera celui où les valeurs de d et de e rendront t minimum.

Avec les machines à cataractes on peut accroître à la fois d et e dans de très-grandes limites, tandis qu'avec le moteur rotatif, la sécurité ne permet pas de dépasser une certaine valeur de $d \times e = V$, car on doit conserver aux points morts un ralentissement suffisant.

Le produit $d \cdot e$ étant donné, la question de minimum est résolue ; il n'y a qu'à rapprocher les paliers le plus possible et à faire croître e en conséquence. C'est ce que les Allemands avaient observé dans les fahrkunst, et ce dont on s'est écarté à Tresavean.

Voici, du reste, les diverses valeurs de d et e pour les appareils décrits jusqu'ici :

DÉTAIL DES MACHINES.		d	e	$d \times e = V$
		mèt.		mèt.
Fahrkunst. . . .	premiers construits.	2,30	8	18,40
	plus récents.	3,20	8	25,60
Machine Warocqué.		6,00	6	36,00
			7	42,00
Échelles mobiles de Seraing.		8,00	4	32,00
Tresavean.		7,315	3	22,00
Fowey Consols.		3,657	6	22,00
Disposition proposée.		3,657	8	30,00

vriers par minute.

Dans les conditions où les machines à
été établies jusqu'à présent, il semble puér
sur l'activité la plus grande que l'on puisse
on comprendra plus loin les raisons qui r
à le faire. En restant au même point de v
devoir calculer les temps minimas en mi
saires pour changer à une profondeur L, d
n ouvriers, et selon qu'on emploierait la m
rocqué, le man engine de Fowey à 6 coup
position proposée à 8 coups.

Table à double entrée donnant en minutes les duré
de changement de poste.

wall sont depuis longtemps reconnus incontestables. N'est-il pas étonnant, au premier abord, que les exploitants des houillères, si ingénieux à perfectionner les méthodes d'extraction, ne se soient pas empressés d'adopter le principe d'appareils vérifiés utiles par une expérience déjà prolongée? Bien des convenances, cependant, les y sollicitaient particulièrement; l'avenir d'un champ d'exploitation assuré, opposé à l'incertitude des filons; le petit nombre des puits, obligeant toujours les mineurs à un parcours souterrain du puits à la taille, quelque soit le mode de descente; en regard des descenderies toujours nombreuses dans les mines métalliques.

La raison de ces délais me paraît se trouver tout entière dans l'histoire du procédé. Les fahrkunst étaient complétement insuffisantes à l'activité des houillères; interrompues à chaque instant par des relais d'échelles; ne se prêtant pas aux courants contraires et simultanés; ne pouvant être chargées que d'un petit nombre de mineurs à la fois, elles ne devaient être qu'imitées, mais non copiées.

M. Warocqué l'a si bien compris, qu'il est allé jusqu'à mettre en quelque sorte le luxe à la place des imperfections. Malheureusement son appareil a exigé un puits spécial, une machine motrice spéciale encombrant la bouche du puits, et le tout est revenu à un prix d'autant plus élevé que les dispositions en sont plus ingénieuses.

Placée entre deux types extrêmes, on comprend que la majorité des houillères ait conservé ses anciens procédés; mais je crois que le man engine à une tige, mû par la machine d'extraction, est appelé à s'y substituer et à devenir le complément naturel d'une bonne installation des puits de grand diamètre.

75 personnes. Cuffat contenant 10 ouvriers. -
gement de poste exige 15 voyages complets, so
et comme la machine doit être ralentie, il fa
sur une durée de 6 heures au moins.

Le man engine de Fowey n'exigerait que 3
moins de 3/4 d'heure.

2° *Cages guidées.* (Glépin, *Annales* d
5° série, tome X.)

Puits n° 8 du grand Hornu, 355 mètre
400 ouvriers à remonter journellement, la d
faisant sans arrêter l'extraction de la houill
4 chariots, tenant 8 ouvriers, soit 50 traits
du parcours, de l'entrée et de la sortie des h
au moins de 4 minutes; soit, par jour, 50 ×
= 3^h 20^m.

Sur une extraction totale, pour l'année
75 064 1/2 cages, il y en eu 10 360 pour
seulement.

Le man engine, en supposant un poste
50 hommes, exigerait à chaque changeme

profondeurs. J'espère que l'on trouvera dans ce travail les éléments principaux propres à fixer les conditions les plus favorables d'établissement et de marche de ces machines. Aussi, tout en m'en rapportant pleinement aux lumières et à la pratique des exploitants de houille, je crois devoir résumer en terminant les circonstances dans lesquelles il conviendrait, selon moi, de se placer; savoir :

Man engine à une tige, mû par la machine d'extraction; embrayage permettant d'appliquer la force motrice alternativement aux bobines et à la tige; très-fort volant spécial au mécanisme du man engine; espacement des paliers de $3^{m}.65$; au besoin, balanciers hydrauliques.

Dans un puits de 4 mètres de diamètre, un segment de $1^{m}.10$ à $1^{m}.20$ de hauteur sera suffisant pour l'appareil et une ligne d'échelles.

NOTE

SUR LES GÎTES MÉTALLIFÈRES DE PALLIÈRES

(*Arrondissement d'Alais, département du Gard*).

Par M. PARRAN, ingénieur des mines.

L'exploitation des gîtes métallifères de Pallières et de Durfort, entre Anduze et Durfort, dans le département du Gard, a révélé quelques circonstances géologiques intéressantes au point de vue de la composition minéralogique de ces gîtes et des altérations qu'ont subies les substances métalliques dans le voisinage des affleurements, notamment la sulfatisation en grand de la galène, fait très-rarement observé jusqu'ici par les géologues, ainsi qu'un nouvel état de sulfatisation du peroxyde de fer (Pl. II, *fig.* 1 à 4).

La chaîne de Pallières est formée par du granite porphyroïde à grands cristaux de feldspath. Sur la lisière de la chaîne règne une bande triasique d'assez faible largeur, surtout à l'ouest. La direction de la chaîne de Pallières est de N.-N.-E. à S.-S.-O. vrai. L'examen géologique des Cévennes montre que ce granite est fort ancien et antérieur à toutes les roches sédimentaires de la contrée, sauf peut-être une partie des schistes micacés ou talqueux. Le soulèvement dont il s'agit n'a fait que mettre à découvert le granite formé et consolidé depuis longtemps sous les couches secondaires.

Une crête quartzeuse parallèle à l'axe de soulèvement fait saillie au milieu du terrain granitique et du trias sur le versant ouest de la chaîne ; elle est visible sur

... ou si elle prov
de la cassure, du relèvement et de la
banc de grès inférieur du trias. Cette
paraît de beaucoup la plus probable. La
roche en certains points est tout à fai
dingues inférieurs du trias qui sont sép
par le soulèvement granitique, c'est-à-
tres au plus de distance.

Le trias est représenté : 1° par ledit b
gues de 8 à 10 mètres d'épaisseur, qui
le Gard et dans l'Ardèche, forme ici
rieure de ce terrain, et qui passe parf
plombifère et cuprière, comme cela arriv
à 4 kilomètres de Pallières, et à Lava
Grand'Combe; 2° par les marnes gypsifè
ayant environ 50 à 60 mètres de puissan
méconnaissables par suite des altératio
sence des pyrites leur a fait subir.

Les calcaires du lias ne présentent à Pa
particulier, si ce n'est les substances mé
nous allons parler et les bancs de dolom
ferment : ces dolomies constituent à la b
étage distinct.

[redacted]

trias et qui provient de la décomposition des pyrites. On en tire d'assez bons minerais à rails pour l'usine d'Alais; mais à quelques mètres de profondeur, se découvre la pyrite à laquelle se mêlent bientôt ses congénères, la blende et la galène. Les gîtes présentent l'allure d'amas plus ou moins étendus, tant qu'ils sont encaissés dans les calcaires du lias ou dans les trias; ainsi l'ancienne mine de Saint-Félix de Pallières, dont l'exploitation remonte aux Romains, se compose d'une série de poches remplies de calamine et de galène disséminées dans les dolomies infraliasiques; aux mines Joseph et Curnier, où la galène est l'élément dominant, elle se trouve en amas transversaux coupant les calcaires dolomitiques du lias. Les travaux n'ont nulle part assez de profondeur pour qu'on puisse dès à présent déterminer comment se fera le passage des amas aux filons générateurs, et comment les filons se comporteront au-dessous du trias, soit dans le granite sous-jacent, soit même dans l'arkose ou les poudingues inférieurs du trias.

En quelques points, on voit des veines métalliques croisant la crête quartzeuse et l'enrichissant de manière à donner naissance à une arkose plombo-pyriteuse, rappelant celle de Carnoulès; ces veines sont accompagnées de rognons barytiques dont la substance ne se trouve pas ordinairement dans les amas plombifères et zincifères de la localité. Leur direction est O. 20° N. à E. 20° S.

Après avoir atteint et suivi pendant quelque temps la galène à la mine Saint-Joseph, on a percé, en continuant vers le toit, dans des terres d'un gris jaunâtre, très-denses, qui sont principalement formées de sulfate de plomb. Leur puissance est variable et atteint jusqu'à 3 mètres et plus. Elles sont recouvertes par des terres

... associés aussi
jaunes, farineuses, qui sont des sulfates
de fer, et qui se trouvent en assez grande qu
forment la salbande au mur des sulfates d
doit attribuer leur présence à la décomposi
rites en persulfate FS^2, qui, par une di
l'eau, s'est transformé en FS^3 soluble et F
jaune et pulvérulent (1). Plusieurs analys
conduit à assigner aux terres jaunes la form
contiennent un peu d'argile et 12 à 13 p. 1
pense que ce sous-sulfate de peroxyde de fe
l'état naturel; je le crois même nouveau dan

La pyrite occupe la partie supérieure d
dessous, apparaît la galène massive, sans
grains très-fins et très-serrés, associée avec
pyrite et un peu de blende; on y trouve auss
lomie ferrifère. L'épaisseur de cette galèn
variable; on connaît des renflements de plus d
parfois elle se réduit à quelques centimètre
argentifère (environ 150 grammes d'argent a
le plomb d'œuvre); mais ce qu'il y a de n

[redacted]

échelle, car on a suivi les terres plombeuses sur plus de 40 mètres en direction, et sur une vingtaine suivant l'inclinaison, sans avoir encore délimité complètement la partie sulfatisée en direction et en profondeur.

Les terres ont pour toit les roches pulvérulentes dont j'ai parlé plus haut, et pour mur soit la galène dont l'épaisseur varie généralement en raison inverse des sulfates, soit le rocher lui-même; elles se taillent et se soutiennent facilement; on peut les abattre à la pioche et à la pelle, c'est-à-dire à très-peu de frais. Le sulfate de Pallières est argentifère, sans qu'ils soit facile de préciser à quel état l'argent s'y trouve associé. La galène crue de Pallières donne 120 grammes d'argent aux 100 kil. de minerai. La teneur des sulfates en argent rapportée aux 100 kil. de plomb paraît augmenter à mesure que la teneur des sulfates du plomb diminue. Plusieurs essais nous ont donné 180 grammes aux 100 kil. de plomb en moyenne (1).

Le gîte est en partie dans les calcaires magnésiens du lias (mine Curnier), et en partie dans les marnes du trias (mine Joseph). Il paraît résulter de l'épanchement des matières qui ont surgi à travers une série de fentes ou crevasses parallèles au soulèvement granitique de Pallières, dont la direction est sensiblement celle des montagnes jurassiques entre Anduze et Saint-Ambroise. C'est à la suite de ce soulèvement que se sont formés, à notre avis, les gîtes pyriteux, blendeux et plombeux qui traversent les assises jurassiques jusqu'aux calcaires oxfordiens exclusivement. Il est à remarquer aussi que c'est presque uniquement dans les étages dolomitiques du trias et du terrain jurassique que les

(1) L'argent doit se trouver à l'état de sous-sulfate réparti dans les terres.

Les gîtes de Pallières forment un contrast
vec ceux de Durfort, exploités par la même
6 kilomètres environ au sud-ouest des pr
ontraste se manifeste au premier coup
ır les échantillons provenant des deux lc
allières, nous avons recueilli, entre la blend
mine, une galène fine, grenue, avec des c
ılfate et de carbonate de plomb, des sulfat
plomb, des terres jaunes ou sulfates de pe
r, de la pyrite, du sulfate de chaux, du car
ıaux hyalin, avec le pointement obtus du rhc
Durfort, nous trouvons la chaux fluatée
anche, violette, verte; la dolomie très-abon
rbonate de chaux spathique blanc, opaque
ux métastatiques de la même substance, l'aı
calamine, la blende et l'alquifoux à grande
aucoup plus pauvre en argent que celui de
ıbsence de la pyrite à Durfort doit être sig
che encaissante est, comme à Pallières, la
raliasique, mais le trias n'affleure pas, et il

[redacted]

ailleurs du reste, d'une oxydation de la blende; le passage d'une substance à l'autre peut s'observer parfaitement sur certains échantillons. Ce fait est connu, mais il est intéressant de le constater directement. L'alquifoux se trouve en noyaux empâtés dans la dolomie ou dans la chaux fluatée.

Ces deux gîtes, essentiellement différents par leurs directions et leur composition minéralogique, correspondent sans doute à des causes géologiques distinctes par leur nature et par leurs dates. Je pense que le gîte de Pallières est de formation plus récente, au moins pour ce qui concerne la galène grenue et la pyrite de fer. L'apparition de l'alquifoux avec spathfluor paraît contemporaine de la période liasique.

Le gîte de Pallières présente, dans son ensemble, la direction de l'axe granitique (N. 25° E.). Il paraît aujourd'hui démontré que les affleurements pyriteux sont toujours en rapport, dans cette localité, avec les sulfures de plomb et de zinc; j'ai même observé que le sulfure de plomb paraît se trouver de préférence à l'est du soulèvement granitique, et le sulfure de zinc à l'ouest, sans cependant s'exclure d'une manière absolue. La mine Félix, qui est une mine de calamine, renferme des noyaux de galène à grains très-fins, dans laquelle se trouvent de curieuses géodes tapissées de beaux cristaux de sulfate de plomb en octaèdres allongés, et des cristaux maclés de carbonate de plomb. Les diverses substances métalliques des gîtes ont subi une oxydation vers les affleurements et ont été transformés: la pyrite, en hydroxyde de fer; la blende, en calamine; la galène, en sulfate de plomb. Cette dernière transformation est remarquable par sa singularité, car le plus ordinairement la galène se transforme en carbonate ou en phosphate.

[redacted]

MÉMOIRE

SUR LA DÉPRÉCIATION D'UN MATÉRIEL ROULANT DE CHEMIN DE FER.

Par M. DE BILLY, inspecteur général des mines.

CHAPITRE IV (1).

WAGONS A MARCHANDISES.

Ce chapitre a beaucoup d'analogie avec le précédent, mais il contient moins de détails à cause de la simplicité de construction des véhicules qui en sont l'objet.

1° Description.

Le tableau n° 11, divisé en 18 colonnes, fait connaître :

1° La nature et le nombre des wagons en activité de service au 31 décembre 1852 ;

2° Les dispositions et dimensions de l'intérieur des caisses;

3° Les dimensions extérieures;

4° La nature et la saillie des tampons de choc;

5° Le poids et le prix des wagons;

6° Le chargement des wagons;

7° Quelques détails sur les ressorts de choc et de traction.

Dressé par catégories de wagons, ce tableau n'exige aucune explication.

Le tableau n° 12 indique les époques de livraison des wagons à marchandises.

(1) Voir les trois premiers chapitres, tome XIV, page 489.

[redacted]

Freins.

Les freins à main, presque tous supprimés, avaient coûté 120 fr. pièce;

Les freins actuels moyennement 564^{f},48; ils sont compris dans les prix des wagons.

Ces appareils s'usent fort peu; à raison de leur importance, ils sont constamment entretenus en bon état de service; nous n'en parlerons donc pas, nous référant aux chapitres II et III de ce travail.

Ressorts de suspensio de choc et de tractio

Nous n'avons pas eu à estimer la dépréciation des ressorts de choc et de traction par les motifs donnés au chapitre III.

§ II. — Choses qui se détériorent par leur durée.

Nous avons procédé ici comme pour les voitures à voyageurs, cherchant d'abord le prix du remplacement de ces choses, afin d'en connaître le dixième qui nous a servi d'unité; nous adressant ensuite à l'expérience acquise afin d'en savoir la durée moyenne.

Ces coefficients ainsi déterminés ont été finalement appliqués aux différentes séries de wagons à marchandises, en faisant usage du tableau n° 12 qui donnait la durée de ces véhicules au 31 décembre 1852.

Les châssis n'avaient pas servi assez longtemps pour avoir perdu sensiblement de leur valeur; nous les avons admis comme étant en bon état de service et sans proposer de réduction.

Il n'en aurait pas été de même si l'exploitation du chemin de fer antérieurement à 1853 eût été de plus longue durée.

Mais nous n'avons pas omis l'amoindrissement de la valeur des caisses, parce que le matériel des marchandises étant manié très-lourdement par les hommes d'équipe, soit dans le chargement des colis, soit dans

... ans la durée d'une peinture

Dans la fixation du prix de rempl[...]
nous n'avons rien ajouté pour les fr[...]
les prix qui nous ont été donnés
on les a confectionnées hors des at[...]
gnie.

Quant aux matières à déduire d[...]
prix, ce sont, pour les caisses et ch[...]
fers d'assemblage; les bois provenan[...]
sont guère à employer que comme [...]
le mètre cube n'en est-il estimé que

SÉRIE D. — *Wagons à bag*[...]

se. Le prix de la caisse avec châssis, non pei[...]
évalué par la construction à. . . . .

Dont à déduire :

1° Pour la valeur du vieux fer d'assemblag[...]
148 kil. à 18 fr. . . . .

2° Pour vieux bois, 2^{mc},056 à 6 fr. . . . .

Prix du remplacement. . . . .

Dont un dixième, 133^f,90.

ure. Les anciens wagons D n'avaient [...]
en métal ...

[redacted] [redacted]

Peinture

	fr.
La peinture d'un wagon à bagages coûte avec son châssis (1)	120,00
Frais généraux	30,00
Total	150,00

Dont le dixième, 15 fr.

SÉRIE F. — *Wagons de secours.*

Sept wagons H, parmi les derniers livrés au mois de décembre 1852, ont été transformés en wagons de secours F. Nous les avons regardés comme neufs et n'avons fait aucune déduction en ce qui les concerne.

SÉRIE G. — *Wagon-écurie.*

Caisse

		fr.
La caisse non peinte et sans la garniture intérieure est évaluée		923,50
Dont à déduire :		
1° Vieux fer d'assemblage	77f,49	88,49
2° Vieux bois	11f,00	
Prix net du remplacement		835,01

Dont le dixième, 83f,50.

Garniture intérieure

La garniture intérieure des wagons-écurie est faite en toile rembourrée de foin ; le poitrail est en vache.

	fr.
L'établissement de la garniture intérieure était évaluée à	53,50
25 p. 100 pour frais généraux	13,35
Total	66,85

Il n'y a eu rien à déduire là-dessus, les vieilles matières n'ayant aucune valeur.

Durée de la garniture : 3 ans.

Peinture

	fr.
La peinture d'un wagon G coûtait avant 1853	120,00
25 p. 100 pour frais généraux	30,00
Total	150,00

Dont le dixième, 15 fr.

(1) Ici, comme dans les articles subséquents, la peinture du châssis est comprise dans celle de la caisse.

2° Vieux bois. . . . .

Prix du remplacement net. . . . .

Prix de la peinture. . . . .
25 p. 100 pour frais généraux. . . . .

Total. . . . .

SÉRIE I. — *Grands wagons plats à rebor*

Prix d'établissement de la caisse. . . . .

Dont à déduire :

1° Vieux fer d'assemblage. . . . .
2° Vieux bois. . . . .

Prix net du remplacement. . . . .

Dont le dixième, 43f,39.

Prix de la peinture. . . . .
25 p. 100 de frais généraux. . . . .

Total. . . . .

SÉRIE II. — *Petits wagons plats à rebor*

Prix d'établissement de la caisse. . . . . . .

Dont à déduire :

Série I. — *Wagons à petits côtés tombants.*

		fr.	
Prix d'établissement de la caisse.		533,00	Caisse.
Dont à déduire :			
1° Vieux fer d'assemblage.	31f,08	36,65	
2° Vieux bois.	5f,57		
Prix net du remplacement.		496,35	
Dont le dixième, 49f,63.			
		fr.	
Prix de la peinture.		25,00	Peinture.
25 p. 100 de frais généraux.		6,25	
Total.		31,25	

Série II. — *Wagons plats à grands côtés tombants de* 0m,30.

		fr.	
Prix d'établissement.		626,00	Caisse.
Dont à déduire :			
1° Vieux fer d'assemblage.	35f,53	42,80	
2° Vieux bois.	7f,27		
Prix net du remplacement..		583,20	
Dont le dixième, 58f,32.			
		fr.	
Prix de la peinture.		30,00	Peinture.
Frais généraux.		7,50	
Total.		37,50	

Série III. — *Wagons plats à grands côtés tombants de* 0m,40 *de hauteur.*

		fr.	
Prix d'établissement.		635,00	Caisse.
Dont à déduire :			
1° Vieux fer d'assemblage.	35f,53	43,20	
2° Vieux bois.	7f,67		
Prix net du remplacement.		591,80	
		fr.	
Prix de la peinture.		31,00	Peinture.
Frais généraux.		7,75	
Total.		38,75	

25 p. 100 pour frais généraux. . . . .

Total. . . .

SÉRIE KK. — *Wagons à côtés fixes, dits gra*

Prix d'établissement. . . . .

Dont à déduire :

1° Vieux fer d'assemblage. . . . .

2° Vieux bois. . . . .

Prix net du remplacement. . . . .

Dont le dixième, 46f,44.

Prix de la peinture. . . . .

25 p. 100 pour frais généraux. . . . .

Total. . . .

SÉRIE LL. — *Wagons découverts avec po*
à charnières.

Prix d'établissement. . . . .

Dont à déduire :

1° Vieux fer d'assemblage. . . . .

2° Vieux bois. . . . .

Série M. — *Petits wagons à quatre côtés tombants.*

Prix d'établissement		fr. 563,00	Caisse.
Dont à déduire :			
1° Vieux fer d'assemblage	33f,00	38,90	
2° Vieux bois	5f,90		
Prix net du remplacement		524,10	
Prix de la peinture		fr. 25,00	Peinture.
25 p. 100 pour frais généraux		6.25	
Total		31,25	

Série MM. — *Grands wagons à quatre côtés tombants.*

Prix d'établissement		fr. 686,00	Caisse.
Dont à déduire :			
1° Vieux fer d'assemblage	40f,14	48,05	
2° Vieux bois	7f,91		
Prix net du remplacement		637,95	
Prix de la peinture		fr. 35,00	Peinture.
Frais généraux		8,75	
Total		43,75	

Série N. — *Wagons à bestiaux, fermés avec des rideaux.*

Prix d'établissement		fr. 1.111,00	Caisse.
Dont à déduire :			
1° Vieux fer d'assemblage	34f.00	45,60	
2° Vieux bois	11f,60		
Prix net du remplacement		1.065,40	
Prix de la peinture		fr. 70,00	Peinture.
Frais généraux		17,50	
Total		87,50	

Les 4 rideaux d'un wagon N (ancien modèle existant en 1852) avec les lanières, les anneaux et autres accessoires, coûtaient	fr. 40,00	Rideaux.
25 p. 100 pour frais généraux	10,00	
Total	50,00	

Quand ils ne sont pas déchirés par accident, ils durent moyennement 6 ans.

[redacted]

SÉRIE S. — *Trucks à maringottes.*

PREMIER MODÈLE. — Sans côtés ; avec 6 ranchets.

		fr.	
Prix d'établissement de la caisse.		437,00	Caisse.
Dont à déduire :			
1° Vieux fer d'assemblage.	17f,65	24,00	
2° Vieux bois.	6f,35		
Prix net du remplacement.		413,00	
		fr.	
Prix de la peinture.		25,00	Peinture
25 p. 100 pour frais généraux.		6,25	
Total.		31,25	

DEUXIÈME MODÈLE. — Avec côtés de $0^{m},30$ et 4 ranchets.

		fr.	
Prix d'établissement de la caisse (1).		437,00	Caisse.
Dont à déduire :			
1° Vieux fer d'assemblage	17f,65	24,30	
2° Vieux bois.	6f,65		
Prix net du remplacement.		412,70	
		fr.	
Prix de la peinture.		25,00	Peinture
25 p. 100 pour frais généraux.		6,25	
Total.		31,25	

SÉRIE V. — *Wagons couverts à marchandises.*

		fr.	
Prix d'établissement de la caisse.		1.334,00	Caisse.
Dont à déduire :			
1° Vieux fer d'assemblage.	23f,26	36,65	
2° Vieux bois.	13f,39		
Prix net du remplacement.		1.297,35	
		fr.	
Prix de la peinture.		72,00	Peinture
25 p. 100 pour frais généraux.		18,00	
Total.		90,00	

(1) Ces wagons qui, aux côtés près, ne diffèrent du premier modèle que par de plus fortes dimensions, ont coûté relativement moins cher, parce que la confection en était devenue plus facile.

Si nous groupons les 94 wagons à bagages
compagnie pendant les années 1848, 1849 e
si nous comptons seulement pour moitié les n
lés antérieurement au mois de mai 1849, c'est
commencement de l'exploitation, nous trouv

Pour 2 de ces voitures, une durée moyenne de. .
Pour 39. . . . .
Pour 3. . . . .
Pour 50. . . . .

Nous n'aurons à mentionner ici que les cai
peintures.

La durée d'une caisse étant évaluée à 15 a
suit que :

47,5 mois sont les 2,6 dixièmes de cette dur
43,9 mois sont les 2,4 dixièmes de cette dur
23,0 mois sont les 1,2 dixièmes de cette dur
14.3 mois sont les 0,8 dixièmes de cette dur

D'après cela, le dixième des prix de rem

Peintures.

Nous avons admis 3 ans pour la durée d'une peinture; d'après cela, nous avons estimé que les voitures dont l'existence dépassait notablement 36 mois avaient été repeintes, et nous n'en avons calculé la détérioration de peinture que sur les mois excédant les 3 années. En conséquence :

Mois.			
47,5	de durée sera estimé	3,2	dixièmes de la durée de la peinture.
43,9	*id.*	2,2	*id.*
23,0	*id.*	6,3	*id.*
14,3	*id.*	4,0	*id.*

Le dixième du prix d'une peinture de la caisse et du train étant fixé à 15 francs, nous avons établi ainsi qu'il suit la détérioration sur cet article :

	fr.
15 × 3,2 × 2 = ...	96,00
15 × 2,2 × 39 = ...	1.287,00
15 × 6,3 × 3 = ...	283,00
15 × 4,0 × 50 = ...	3.000,00
Total de la détérioration sur les peintures.	4.666,50

La diminution de valeur sur les wagons à bagages était donc :

	fr.
1° Pour les caisses.	19.076,46
2° Pour les peintures.	4.666,50
Total.	23.742,96

La dépense d'achat des 94 wagons en service au 31 décembre 1852 s'étant élevée à 359.400 fr., sans les roues, nous avons eu à porter sur ce chapitre une détérioration de 6,6 p. 100.

SÉRIE G. — *Wagons-écuries.*

En groupant les voitures de cette série comme nous l'avons fait ci-dessus, d'après les indications de l'état n° 12, nous trouvons pour les durées moyennes :

De 21 wagons à écurie, livrés en 1848 et 1849, 44,9 mois.
De 24 wagons à écurie, livrés en 1851. . . . . . 12,0 mois.
De 24 wagons à écurie, livrés en 1852. . . . . . 3,0 mois.

es 21 premières caisses. . . . .
es 24 suivantes. . . . .
es 24 dernières. . . . .

Total. . . . .

La durée moyenne d'une garniture intéri
le 3 ans, nous avons admis que les garniture
ons dont le service dépassait 3 années avaie
ouvelées et ne figureraient que pour les n
ant 36.

Ainsi nous avons eu respectivement pour
ures

es 21 premières voitures, 2,5 dixièmes de la du
es 24 suivantes. . . . . . . 3,3 dixièmes.
es 24 dernières. . . . . . . 0,8 dixièmes.

Le dixième du prix de remplacement d'une
yant été fixé à 6^{f},685, nous avons eu respe
our la détérioration des garnitures :

f

6.685 × 2,5 × 21 = ... 3

6.685 × 3,3 × 24 = ... 5

avons obtenu pour la dépréciation totale sur cet article une somme de 2.263f,50.

En résumé, nous avons trouvé que sur la valeur de 201.493 francs des 69 wagons-écurie, non compris les roues, il y avait à déduire :

	fr.
Pour les caisses	4.107,19
Pour les garnitures intérieures	982.36
Pour les peintures	2.263,50
Total	7.353,05

Soit 3,4 p. 100 du prix d'achat.

Série H. — *Wagons à lait.*

Les 21 wagons à lait ayant été livrés à la compagnie de novembre 1848 à février 1849, nous en avons fait un seul groupe dont la durée moyenne au 31 décembre 1852 était de 45 mois.

C'était pour les caisses 2,5 dixièmes de leur durée habituelle; le dixième du prix de remplacement de ces caisses étant 78f,32, la détérioration sur cet article ressortait à Caisses

$$78,32 \times 2,5 \times 21 = 4.111^f,80.$$

Quant aux peintures, elles devaient avoir été refaites au bout de 3 ans, et nous avons admis que les nouvelles peintures avaient 9 mois d'existence; il y avait donc là-dessus à déduire : Peintures

$$6,25 \times 2,5 \times 21 = 328^f,15.$$

La somme totale à déduire pour les wagons à lait sur le prix d'achat de 53.760 fr., sans les roues, était d'après cela :

	fr.
1° Sur les caisses	4.111,80
2° Sur la peinture	328,15
Total	4.439,95

Soit 8,24 p. 100.

19 reçus en novembre et décembre, neu

En combinant ces chiffres avec celui de noyenne d'une caisse et la valeur 43f,39 du emplacement, nous avons trouvé :

'our les 16 de 1848, une détérioration de. . . . .
'our les 5 de 1850, une détérioration de.. . . .
'our les 342 de 1852, une détérioration de. . . . .

Total. . . . .

Nous avons admis que les wagons I ayant lurée avaient été repeints une fois et que l vait 12 mois au 31 décembre 1852 ; le d rix de la peinture ayant été calculé à 4f, vons eu à déduire :

ur les peintures de 12 mois. . . . .
ur celles de 54 mois. . . . .
ur celles de 6 mois. . . . .

En tout. . . . . . .

En sorte que les déductions à faire sur le hat des 382 wagons plats, 782 540 francs

Série II. — *Petits wagons plats à rebords fixes.*

La série a été divisée en trois groupes :

1 d'une durée réduite de. . . . . . 49 mois.
10 d'une durée moyenne de. . . . . 40 mois.
3 livrés en décembre 1852. . . . . neufs.

Procédant comme ci-dessus, nous avons calculé les déductions à opérer :

	fr.
1° Sur les caisses.	862,40
2° Sur les peintures.	323,75
Total.	1.186,15

Soit 4,57 p. 100 de la valeur d'achat, 25.900 fr. de la série entière.

Série J. — *Wagons à petits côtés tombants.*

Cette série, divisée en quatre groupes :

1 livré en 1848, durée réduite. . . . . . 49,0 mois.
36 livrés en 1849, durée moyenne. . . . . 37,7 mois.
34 1er semestre de 1850, durée moyenne. 30,5 mois.
6 2e semestre de 1850, durée moyenne. 26,5 mois.

a donné lieu aux réductions suivantes :

	fr.
1° Sur les caisses.	7.350,19
2° Sur les peintures.	2.266,87
En tout.	9.617,06

Soit 5,88 p. 100 du prix d'achat, 163.420 fr. des 77 wagons J.

Ce prix, de même que pour les autres séries, ne comprend pas les roues.

Série JJ. — *Grands wagons à côtés tombants de 0m,30 de hauteur.*

Nous les avons divisés en cinq groupes :

2 livrés en 1848, durée moyenne. . . 47,2 mois.
30 livrés en 1849, durée moyenne. . . 45,0 mois.
13 livrés en 1850, durée moyenne. . . 28,8 mois.
146 livrés en 1852, durée moyenne. . . 2,9 mois.
54 livrés en novembre et décembre 1852. neufs.

SÉRIE KK. — *Wagons à côtés fixes, dits grands tombereaux.*

Les 21 véhicules composant cette série se divisent en 3 groupes, de même nombre et mêmes durées moyennes que ceux de la série K.

Nous en avons calculé les dépréciations :

	fr.
1° Sur les caisses.	2.298,78
2° Sur les peintures.	338,25
Total.	2.637,03

Soit 5,8 p. 100 du prix d'achat de 45.360 fr. de toute la série.

SÉRIE LL. — *Wagons découverts avec portes doubles à charnières.*

Livrés tous, à l'exception d'un seul, dans l'année 1849, les 81 wagons avaient, au 31 décembre 1852, une durée moyenne de 41,4 mois. D'où l'on a déduit les détériorations suivantes :

	fr.
1° Sur les caisses.	12.850,97
2° Sur les peintures.	531,56
En tout.	13.382,53

Soit 7,43 p. 100 à déduire du prix d'achat de la série, 180.000 francs.

SÉRIE M. — *Petits wagons à quatre côtés tombants.*

Ne renferme qu'une seule voiture reçue en 1848, et dont la durée, réduite suivant le principe posé ci-dessus, ressort à 49 mois. Nous avons eu à déduire sur son prix d'achat de 3.183 francs :

	fr.
1° Pour la caisse.	141,50
2° Pour les peintures.	11,25
En tout.	152,75

Soit 4,79 p. 100.

et nous avons trouvé pour la dépréciation :

	fr.
1° Sur les caisses.	2.707,65
2° Sur les peintures.	4.584,74
Total.	7.292,39

Soit 1,11 p. 100 de 661.336 fr., prix d'achat de 380 wagons de la série.

SÉRIE Q. — *Bergeries.*

Toutes les bergeries ont été reçues en 1848 et au commencement de 1849; elles avaient au 31 décembre 1852 une durée moyenne de 45,2 mois.

On a évalué la détérioration :

	fr.
1° Sur les caisses à.	6.179,77
2° Sur les peintures à.	210,00
En tout.	6.389,77

Ce qui sur les 62.202 fr., prix d'achat des 21 véhicules, représente 10,2 p. 100.

SÉRIE R. — *Trucks à chaises de poste.*

On en a fait 3 groupes :

31 livrés en 1848 et 1849, durée moyenne. .	41,2 mois.
12 livrés en avril 1852, durée moyenne.. . .	6,0 mois.
3 livrés en novembre 1852.	neufs.

D'après cela, on a trouvé pour les réductions à opérer :

	fr.
1° Sur les caisses.	5.936,19
2° Sur les peintures.	1.440,25
Total.	7.376,44

Soit 5,2 p. 100 à réduire sur le prix d'achat de ces voitures figurant aux livres de la compagnie pour 142.630 fr.

SÉRIE S. — 1er Modèle. — *Trucks à maringottes.*

Nous les avons divisés en 3 groupes :

61 livrés en 1848, durée moyenne. . . .	46,0 mois,
40 livrés en 1850, durée moyenne. . . .	35,0 mois,
100 livrés en 1852, durée moyenne. . . .	5,6 mois,

Récapitulation des réductions à opérer sur les wagons à marchandises.

Les détails qui précèdent nous ont conduit à résumer ainsi qu'il suit les détériorations de tout genre qu'avaient subies, au 31 décembre 1852, les wagons à marchandises au nombre de 2.644.

1° Organes qui s'usent par le travail.

	fr.
A. Sur 10.576 bandages	129.082,00
B. Sur 10.576 coussinets	28.268,80
Total	157.350,80

2° Choses qui se dégradent par la durée, groupées par séries de wagons.

Série.			fr.
D	94	voitures, à déduire	23.742,95
F	7	voitures neuves	»
G	69	voitures, à déduire	7.353,05
H	21		4.439,95
I	382		9.720,79
II	14		1.186,15
J	77		9.617,06
JJ	275		12.084,57
JJJ	160		8.763,07
K	21		2.175,52
KK	21		2.637,03
LL	81		13.382,53
M	1		152,75
MM	1		188,00
N	481		85.000,99
O	380		7.292,39
Q	21		6.389,77
R	46		7.376,44
S 1er modèle	201		13.054,51
S 2e modèle	200		3.413,70
V	91		25.799,96
Totaux pour	2.644	voitures, à déduire	243.771,18

Ainsi les réductions de tout genre sur les wagons à

[redacted]

les machines sont l'objet; elles n'avaient perdu que 3 1/4 p. 100 de leur valeur d'achat.

Un travail rétrospectif de la nature de celui dont nous venons de rendre compte ne saurait avoir le même degré de précision qu'un travail portant sur des faits actuels permettant l'examen et la mesure des choses à apprécier.

Bien que nous nous soyons efforcé d'approcher de la vérité autant que possible en puisant aux meilleures sources et à la faveur d'une coopération des plus actives, des plus intelligentes de la part des chefs de service et des employés de la compagnie, nous ne nous dissimulons pas certaines imperfections qu'il n'a pas dépendu de nous de faire disparaître.

Ceux qui nous suivront dans cette voie et qui opéreront à une époque où l'expérience des chemins de fer aura fourni des données plus précises, plus nombreuses sur le degré d'usure et sur la durée des choses entrant dans la composition d'un matériel roulant, atteindront plus de perfection, si leurs données résultent d'observations consignées avec méthode, avec soin et persévérance.

A cette occasion, nous recommanderons avec instance aux ingénieurs qui s'occupent de l'exploitation des chemins de fer, de ne rien négliger dans l'observation des faits dignes d'attention, et d'en tenir note à mesure qu'ils se produisent. Ils pourront ainsi contribuer d'une manière notable, par le seul fait de l'observation, aux progrès de la science des chemins de fer, science si pleine d'intérêt et qui tient une place si importante dans nos sociétés modernes.

TABLEAU n° 9. *Nombre et parcours des trains.*

Années.	VOYAGEURS.		MARCHANDISES.		BALLAST ET MARCHANDISES.		Observations.
	Trains. Nombre.	Kilomètres parcourus.	Trains. Nombre.	Kilomètres parcourus.	Trains. Nombre.	Kilomètres parcourus.	
1849	2.080	215.866	24	4.028	6.055	121.100	(a)
1850	5.563	685.166	1.332	219.640	111	2.220	(b)
1851	6.068	853.062	1.586	361.808	[illegible]	5.087	(c)
1852	6.333	1.706.778	2.333	679.462	615	6.765	(d)
	25.044	3.460.872	5.285	1.264.608	7.036	135.172	

(a) Chiffres jusqu'au 31 mars 1851 donnés par les entrepreneurs de la construction.
(b) Chiffres donnés par le service de la voie, du 1er avril au 31 décembre 1851.
(c) Chiffres donnés par le service de la voie, du 1er janvier au 30 septembre 1852.
(d) Chiffres donnés par le service du mouvement, du 1er octobre au 31 déc. 1852.

TABLEAU n° 10. *Situation au 31 décembre 1852 des voitures à voyageurs, avec indication de l'époque de la réception.*

ée au 1er *décembre* 1852.

À L'EXTÉRIEUR.			TAMPONS.				
Longueur.	Hauteur.	Saillie.	Course.	Poids de la voiture.	POIDS du chargement.	Prix moyen de la voiture.	Observations.
mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	kil.		fr.	
2,60	2,05	0,58	0,28	4.850	5 tonnes.	3.043	(a)
2,60	1,75	0,46	»	3.970	5 tonnes.	6.666	(b)
2,50	2,40	0,46	Secs pour les uns; pour les autres, rondelles en caoutchouc dans des boisseaux en fonte. . .	4.050	3 chevaux. . . . 1 ou 2 hommes.	4.140	(c)
2,60	2,11	0,46	Secs.	4.150	»	3.780	(d)
2,60	0,30	0,46	Secs.	3.700	5 tonnes.	3.268	
2,60	0,30	0,46	Secs.	3.000	5 tonnes.	3.070	
2,60	0,35	0,16	Secs.	3.700	5 tonnes.	3.343	
2,60	0,35	0,46	Secs.	3.150	5 tonnes.	3.132	(e)
2,60	0,45	0,46	Secs.	3.450	5 tonnes.	2.973	
2,60	0,35	0,46	Secs.	3.000	5 tonnes.	3.200	
2,60	0,35	0,46	Secs.	3.320	5 tonnes.	3.380	
2,60	Côté 1m,00 / Milieu 1m,61	0,46	Secs.	3.080	5 tonnes.	3.442	
?	?	0,46	Secs.	?	5 tonnes.	4.403	(f)
?	?	0,46	Secs.	?	5 tonnes.	4.680	(f)
2,60	2,32	0,46	Secs.	3.900	6 chev. grosse cavalerie. 7 chev. cavalerie légère. 6 à 8 bœufs.	3.887	(g)
2,10	1,16	0,46	Secs.	3.200	5 tonnes.	2.960	(h)
2,60	2,30	0,46	Secs.	4.500	5 tonnes. . . . . 90 moutons. . .	4.188	(i)
2,32	0,55	0,46	Secs.	3.980	5 tonnes.	4.320	
2,60	»	0,46	Secs.	3.400	5 tonnes.	3.273	(j)
2,60	0,35	0,46	Secs.	4.320	5 tonnes.	2.887	(k)
2,60	2,09	0,46	Rondelles en caoutchouc dans des boisseaux en fonte.	4.280	5 tonnes.	4.522	(l)

) Châssis moisés.
) Les wagons M et MM n'ont jamais été que des modèles; ils étaient, pour la di-
sion, semblables aux wagons J et JJ.
) Les portes sont doubles, chacun des ventaux roule sur deux galets.
) Forme de trémie. Longueur des châssis sans les tampons, 3m,72. — Le fond est
té par deux trappes.
) Deux étages à claire-voie.
) Pas de côtés.— Six ranches de 0m,10 sur 0m,12 de saillie.
) Côtés de 0m,30. Quatre ranchets équidistants à grande section, 0m,10 sur 0m,12 de
ie au-dessus du fond.
Sur chaque côté, une porte double dont chaque panneau mobile sur deux galets.
rvu d'une vigie et de freins comme le wagon D.

ÉTUDES

SUR LES RÉACTIONS DE L'AFFINAGE DES FONTES POUR ACIER OU POUR FER.

Par M. LAN, ingénieur des mines, professeur de métallurgie à l'École des mineurs de Saint-Étienne.

Dès le début de 1857, j'avais commencé d'étudier les réactions du puddlage à haute température et en scories, dans les forges et aciéries de la Loire, où il se répandait de plus en plus; — conséquence de l'introduction du puddlage pour acier.

Frappé de l'identité ou au moins de la ressemblance des principes de ce procédé avec ceux de la méthode Rivoise, et désireux d'étudier celle-ci de plus près, j'avais, avec l'autorisation de M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, visité les aciéries de l'Isère pendant l'été 1857, et recueilli alors les produits dont je vais rapporter les analyses.

Je rappellerai que le compte rendu de l'année 1857 se terminait par le tableau des premiers résultats qu'à la fin de décembre de la même année, j'avais déjà obtenus dans l'examen de ces produits. La dernière phrase de ce compte rendu était celle-ci :

« *Il me reste à voir comment les autres impuretés de*
» *la fonte disparaissent pendant l'affinage Rivois; mais*
» *aux résultats qui précèdent, on peut reconnaître que le*
» *carbone se conserve en très-forte proportion pendant*
» *longtemps* (1). »

(1) Je crois nécessaire de rappeler ces circonstances, parce que des analyses du même genre, et conduisant à des conclusions en partie les mêmes, ont été faites par MM. Crace Calvert

l'avancement et la plongée de la tuyère pour les fontes blanches ou truitées, tandis qu'on les diminue pour les fontes grises : on applique, sous ce rapport, à peu près les mêmes règles que dans l'affinage pour fer. Pour les charges ou cuites fortes, il est évidemment plus avantageux d'augmenter les dimensions horizontales que d'accroître indéfiniment la profondeur : aussi, quand on est obligé de faire des cuites de 12 à 1300 kil., le diamètre supérieur atteint-il 70 à 80 centimètres et quelquefois même aux environs d'un mètre.

Les fontes traitées pour acier dans ce foyer, sont : Nature des f élaborée

1° La fonte chaude dite grise n° 1, à gros grains lâches, brillants et graphiteux ;

2° Fonte grise n° 2, à grains plus serrés, moins graphiteux ;

3° Fonte truitée ;

4° Fonte blanche lamelleuse, à larges facettes cristallines.

Ces fontes sont fabriquées en Savoie ou dans le Dauphiné. Les premières appartiennent le plus souvent aux variétés (2°), (3°) et (4°). tandis que les secondes (par exemple celles de Pinsot et d'Allevard), de nature beaucoup plus variable, présentent les quatre espèces.

Les cuites se composent du mélange de ces variétés le plus convenable à l'*obtention rapide et sûre du meilleur produit : la fonte grise prédominant en général.*

Voici la composition d'une charge dont j'ai suivi l'élaboration.

Allevard n° 1.	400 kil.
Allevard n° 2.	200
Pinsot n° 2.	500
Savoie n° 2.	150
Total.	1.250

chimique, car *le laitier s'éclaircit beaucoup* à ce moment du travail. En même temps, il se produit un cordon ferreux (*rives*) sur tout le pourtour du foyer, immédiatement au-dessus de la fonte, dépôt d'autant plus considérable que les fontes sont plus loupantes ou plus grasses. L'enlèvement de ce cordon se fait aussitôt après le cuisage de la brasque. En même temps, on découvre complétement le bain et on enlève par rondelles les laitiers devenus trop maigres, jusqu'au voisinage de la fonte. Sondant alors le bain, avec un ringard, on s'assure de la consistance de la fonte; on voit si elle sera *rebelle* ou *disposée* à l'affinage, c'est-à-dire, si elle présente *plus* ou *moins* de liquidité.

3° période. Brassage. Adoucissement et affinage de la fonte, sous l'influence des sornes ou laitiers riches.

Dans le premier cas, on découvre le feu, et on enlève les laitiers jusqu'à apercevoir la fonte. On laisse se former une croûte mince à la surface; on fait plonger cette croûte mince; on attend qu'il s'en soit formé une seconde et cette manœuvre se continue jusqu'à ce que le bain de fonte paraisse assez épais pour s'affiner convenablement.

Dans le second cas, la fonte étant disposée à l'affinage, l'ouvrier recouvre son feu de charbon, sans enlever les dernières rondelles de laitier; *il ajoute des scories affinantes.* Il continue en brassant la partie supérieure du bain avec les laitiers, et, détachant les parties qui se prennent autour du creuset, il les rejette continuellement sur le feu, ainsi que les rives. On ne donne, à ce moment, que le tiers du vent, afin de ne pas surélever la chaleur du foyer, et de ne pas ramener immédiatement les matières à un état trop liquide; on augmente ensuite progressivement ce soufflage. Ce travail, dont le but est *d'adourir* la fonte, dure 4, 5 et même 6 et 8 heures, suivant la qualité des fontes que l'on traite.

la tuyère, car, surtout par le bouillonneme
vers la fin de cette période, le bain monte
veau des plaques de travail : le soufflage, à
de l'opération, doit être à son maximum
le vent assez fort pour refouler le laitier a
la tuyère.

La fin de cette troisième période est ma
commencement de solidification de la parti
du bain de fonte, par une très-grande chal
et par la parfaite liquidité du laitier.

Alors le maître affineur rompt avec pr
ou plusieurs parties de cette surface à de
mais très-spongieuse, les repousse hors d
du vent, en ayant soin de les faire const
gner dans le laitier. C'est par ce séjour d
que l'affinage doit s'achever.

Dans un bon travail, le laitier doit se c
nétrant c'est-à-dire parfaitement liquide ;
qui se dégagent doivent être bleues ; blanc
diquent un affinage trop avancé, un aci
ferreux : jaunes, elles sont le signe d'e

n'a ni trop éloigné ni trop rapproché le massau du jet de vent, la pièce est prête à être sortie et cinglée.

Outre les caractères ci-dessus indiqués, l'affineur a la soudabilité du produit pour guide : c'est surtout à la manière dont l'acier s'attache à son ringard qu'il juge de l'avancement de son travail.

Le cinglage du premier massau se fait (1) par les aides, pendant que le maître prépare les suivants, par un même travail de brassage et soulèvement. Le second sort 8 ou 10 minutes après le premier : le même intervalle sépare d'ordinaire les deux, trois ou quatre suivants.

La préparation et la sortie de cinq ou six massaux successifs constituent ce que les ouvriers appellent une *vole* : cela correspond à une certaine hauteur de fonte épaissie, qu'on découpe et affine par parties ou massaux.

Entre deux voles, il doit donc s'écouler un certain temps pendant lequel on achève d'adoucir ou d'épaissir convenablement, pour le soulèvement dans le laitier, la zone supérieure du bain de fonte.

A partir de là, il n'y a plus qu'une succession de manipulations pareilles, jusqu'à complet épuisement du bain.

Le nombre des massaux que donne une charge de 1000 à 1200 ou 1300 kil. pouvant varier entre 30, 35 et 40, on voit que le nombre de voles serait compris entre 6, 7 ou 8. Chacune durant en moyenne une heure à une heure et demie, la durée la plus ordinaire

(1) Dans la plupart des usines, on fait ce cinglage à l'ancien marteau de 250 kil. donnant 250 coups par minute : avant de porter le massau sous l'enclume, on le refoule au marteau à main; puis, en quelques coups, le gros marteau le fait passer successivement par la forme d'un cube, puis d'un prisme dont la base a $0^m,10$ à $0^m,12$. A Allevard, on exécute ce travail au marteau pilon.

bas, à mesure que l'opération avance
ne reste plus que 7, 8 ou 10 massau
que le travail devient plus irrégulier.
coûteux; comme consommation de co
alors avantageux de travailler ces huit
ensemble : on les affine tous à la fois et
juge qu'ils sont à point, il supprime le v
complétement son feu et sort les pi
comme il a fait des précédentes.

le. La dernière pièce enlevée, les aides
ge et. tier en rondelles et nettoient le feu, c
soit prêt à la confection ou mieux à la r
brasque. La durée de cette cinquième
une heure et demie à deux heures.

Je crois inutile de parler ici de la p
brasque qui est au reste facile à conce
pas particulière à la méthode Rivoise.

s La durée totale d'une opération, pou
oise. 12 à 1300 kil. de fontes mélangées com
indiquée plus haut, peut varier, d'ap
d'être dit, entre 18, 20 et 22 heures.

Quand la cuite a bien réussi, le dé

Maître.	1f,10
Valet.	0f,90
Goujat.	0f,90
Brasquet.	0f,65
Total.	3f,55

La consommation en combustible varie entre 90 et 95 kil. de charbon de bois pour 100 kil. d'acier.

Les massaux, même dans les cuites les mieux réussies, sont loin d'être de qualité uniforme : les premiers obtenus sont le plus souvent ferreux, par suite d'un affinage trop avancé; les derniers, au contraire, sont mal affinés et souvent *fonteux*, pour parler le langage des ouvriers. Qualités de l'a[cier] obtenu.

J'ajouterai quelques indications complémentaires sur le travail Rivois, en discutant les résultats d'analyse des produits recueillis pendant son exécution. Analyses des produ[its] Rivois.

Fontes et laitiers

J'ai d'abord examiné les fontes brutes de la charge rapportée plus haut, sous le rapport des teneurs en *carbone*, *silicium*, *manganèse*, *soufre* et *cuivre*. Voici les résultats : Fontes brut[es].

	Savoie.	*Allevard* n° 1.	*Allevard* n° 2.	*Pinsot.*
Carbone. . .	5,17	6,00 (1)	4,85	4,80
Silicium. . .	0,88	2,00	1,70	1,44
Manganèse.	3,40	3,00	2,52	2,41
Soufre. . . .	traces.	0,48	0,50	0,17
Cuivre. . . .	traces.	0,10 à 0,15	0,05 à 0,10	0,05 à 0,10

La moyenne de la composition de la charge serait, d'après cela et d'après les proportions de la charge en chacune de ces fontes :

(A)	Carbone.	5,23
	Silicium.	1,57
	Manganèse.	2,73
	Soufre.	0,30
	Cuivre.	0,05 à 0,10

(1) Cette fonte était *graphiteuse;* l'échantillon sur lequel a été faite l'analyse renfermait sans doute quelques nids de graphite qui ont augmenté sa teneur en carbone.

3° Après le désornage, au mom
les premières rondelles de laitiers (
tier).

Ces trois premières prises d'essai
à la partie supérieure du bain d
jusque là parfaitement liquide ; mais
ont été faites en plongeant la cuillèr
à cause de l'épaississement du dessu
possible que les n°s 4 et 5 des fonte
des couches de nature différente.

4° Une heure avant la sortie du
(Fonte n° 4) ;

5° Un peu après la sortie du premi
le cœur du bain de fonte (Fonte n° 5)

6° Après la sortie du quatrième mas

Voici les résultats de l'analyse des

---

(1) Tous ces laitiers donnaient quelques l
gène à l'attaque par l'acide chlorhydrique,
présence de quelques grenailles de fonte
d'un autre côté, tous renferment une prop
vrai, mais appréciable d

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
Silice.	24,50	28,80	29,25	21,25	23,00
Protoxyde de fer.	58,00	50,70	54,00	»	54,50
Protoxyde de manganèse.	10,25	9,75	9,00	»	10,00
Alumine.	2,00	4,50	3,00	»	7,25
Chaux.	4,50	5,25	3,75	»	4,50
Magnésie.	traces.	*id.*	*id.*	*id.*	*id.*
Alcalis, brasque et pertes.	0,75	1,00	1,00	»	0,75
	100,00	100,00	100,00	»	100,00
Rapport de l'oxygène de la silice à celui des bases.	$\frac{13}{18}$	$\frac{14}{17}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{11}{x}$	$\frac{12}{20}$

Enfin l'analyse m'a donné les teneurs suivantes en *carbone*, *silicium*, *manganèse*, *soufre* et *cuivre*, dans les fontes :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
Carbone. . .	5,65	4,25	5,60	5,05	3,36
Silicium. . .	1,50	0,48	0,60	0,85	0,60
Manganèse.	2,55	non dosé.	0,36	2,51	non dosé.
Soufre. . . .	0,25	0,11	0,13	0,19	0,17
Cuivre. . .	0,05 à 0,10	0,15 à 0,10	0,15 à 0,10	0,10	0,05

Un premier fait qui ressort des analyses, c'est le changement de nature de laitier. Nous avons vu précédemment que celui qu'on ajoute au début de la fusion est basique : il sera, par exemple, analogue au n°s 4 et 5 (*silicate bibasique*) (1). Discussion des faits et analyses qui précèdent.

Immédiatement après la fusion déjà, la formule est comprise entre le protosilicate et le silicate bibasique; mais c'est surtout pendant la seconde période que le laitier change et s'approche de plus en plus de la formule du protosilicate.

Or, pendant le même temps, quelles modifications éprouve la fonte?

(1) A cause du mélange de brasque, de sornes et scories qu'au début de l'opération, on jette au-dessus du feu, il nous était impossible de prendre un échantillon représentant la composition moyenne de ces additions; ce qu'on peut affirmer, c'est leur *nature basique*.

soufre.

Il ne faut pas perdre de vue ici que l
charge à laquelle se rapportent ces an
des fontes grises (n° 2 et n° 1, Pinsot et
langées d'une faible proportion de fo
blanche ou truitée : un pareil mélang
complétement et ne subir que très-peu l
pendant la fusion : *il en serait tout aut*
fontes blanches, dites loupantes ou gr
viennent moins liquides et s'altèrent dava
fluence de l'air.

L'analyse n° 2 de la fonte prise dans
bain, à la fin de la seconde période, accu
déjà plus marqué. La partie supérieure
pourtant encore liquide, à ce moment là
teneur en carbone, quoique plus faible
assez élevée encore : les autres éléments
rement le silicium ont, au contraire, très
diminué. Le cuivre seul fait exception :
augmente certainement au moins d'un ti
même de $\frac{1}{2}$ pour 1.

L'analyse n° 3 indique également une ép

or, l'analyse du n° 4, par exemple, montre qu'à peu de profondeur au-dessous de la surface du bain, la fonte reste à peu près telle que l'a donnée la fusion, ainsi d'ailleurs qu'on devait s'y attendre.

Quoi qu'il en soit de ces petits écarts de résultats, la partie supérieure du bain de fonte s'affine certainement pendant la seconde période. De plus, le carbone disparaît lentement et en faible proportion, tandis *que* 60 *à* 70 *p.* 100 *du silicium, la presque totalité du manganèse et la moitié du soufre ont disparu.*

Ainsi, voilà deux faits qui se produisent simultanément : 1° épuration de la fonte surtout de son *manganèse*, de son *silicium* et de son *soufre ;* 2° *abaissement de la teneur des laitiers en bases* et *notamment en oxyde de fer.* Il est donc impossible de se refuser à admettre que c'est sous l'influence à peu près exclusive du laitier que se produit l'affinage de la fonte dans cette première partie de l'opération.

Cette conclusion est d'ailleurs confirmée par la position qu'occupe, à cet instant du travail, le vent par rapport à la fonte. Nous avons vu qu'au début de la deuxième période, l'ouvrier établissait le jet de vent horizontal ou rasant : il a été dit aussi plus haut qu'alors la surface de la fonte était à 12 ou 14 centimètres en contre-bas de la tuyère et qu'enfin, entre cette surface et le jet de vent, il y avait une épaisseur au moins égale de laitier.

Dans de pareilles conditions, il me paraît assez évident que la fonte, d'ailleurs peu agitée, ne doit éprouver qu'une très-faible action de l'air.

On ne peut cependant attribuer l'appauvrissement des laitiers en fer, exclusivement à l'affinage qui se fait de la première à la seconde période. Il faut observer en effet que les laitiers ont une épaisseur et par suite un

sur tout le pourtour du creuset ; c'est à cett
faut attribuer surtout les RIVES ou SORNI
obligé d'enlever dès le début de la troisièı

Enfin ces rives ou sornes peuvent bien eı
venir aussi d'un affinage de la fonte, plus r
pourtour que dans l'intérieur du feu, à caus
rence même des températures qui règnent s
points : les fontes blanches en donnent d'a
que les grises.

En résumé, pendant les deux première
peu d'action directe du vent sur la fonte;
celle-ci, sous l'action de laitiers basiques, sur
cium et du manganèse; conservation d'une f
tion de carbone et, par suite, d'une certai
enfin concentration du cuivre dans le produit

A partir de ce moment, que peuvent pro
vement du laitier et la cessation du feu q
conséquence et qui dure au moins trois qua
ou une heure?

Il est difficile de le vérifier directement,
s'épaississant, il devient impossible d'en fai
d'essai régulière et homogène (1). Mais si, q

a été redonné, quand les nouvelles additions basiques se sont réduites en laitier, on sonde le bain avec l'ouvrier, on peut au moins présumer ce qui s'y passe.

On sent d'abord une surface épaissie que le ringard divise et soulève aisément de manière à l'envelopper de laitier. La chaleur s'élève ensuite progressivement dans le feu, mais pas assez vite pour faire repasser la fonte à l'état liquide : le dégagement de gaz qui gonfle alors la masse prouve que le métal, par son contact multiplié avec les laitiers basiques, perd rapidement l'excès de carbone qui le rendait si fusible.

Si nous remarquons d'ailleurs que les laitiers, redevenus basiques (nos 4 et 5), dès le début de la troisième période, sont maintenus autant que possible à cette composition pour tout le reste de l'opération au moyen d'additions de sornes et de battitures; que, de plus, les soins de l'affineur doivent surtout consister à éloigner du jet de vent les masses aciéreuses, à maintenir les laitiers bien fluides et à éviter enfin tout ce qui pourrait amener des magmas plus ou moins solides, autour desquels l'air aurait accès, nous pourrons conclure que pendant les troisième et quatrième périodes *c'est sous l'action des laitiers que s'opère encore exclusivement l'affinage pour acier.*

L'air et le combustible n'interviendraient là, théori-

---

elles ne peuvent donc plus rien apprendre sur les progrès de l'affinage.

Par l'état même de la surface du bain, à partir du moment où en même temps que de la fonte liquide, il y a déjà des grumeaux d'acier et peut être même de fer, les échantillons, comme les nos 4 et 5, doivent même présenter une grande irrégularité de composition. Il n'est pas bien sûr, non plus, que malgré les précautions prises au moment de l'analyse, il ne reste pas un peu de laitier avec la fonte plus ou moins mélangée d'acier qu'on recueille alors.

Nous avons vu plus haut que les premier sont généralement ferreux par suite d'un aff avancé.

Si, lors de leur manipulation, ces prem saux étaient toujours complétement envelop tier, il serait difficile à l'affineur de dépasse où, déjà transformés en acier, ils ont acquis la soudante ; il sait qu'à partir de ce moment, t plus prolongé dans le laitier décarbure s lement ses massaux ; il n'attendra donc pa effet se produise et dès qu'il sent sous son loupe d'acier soudant, il l'extrait du feu. Ain pas, en général, par un séjour trop prolong laitier basique que l'affinage est poussé tro d'ailleurs ce défaut tenait à l'action exagéré tiers, on ne verrait pas pourquoi il ne se pr pas aussi bien, par exemple, dans les massa lieu, que dans ceux des premières voles. N que cet excès d'affinage vient des coups d'air sont exposées les premières loupes, par suite cessité pour l'ouvrier de les travailler dans le du jet de vent.

par l'affineur rivois pour garantir ses massaux contre tout contact avec le vent.

C'est de cette action accidentelle de l'air sur les massaux comme aussi de la combustion des grumeaux d'acier ou des parties de fer disséminées soit dans les laitiers, soit dans les rives et sornes, que provient le déchet observé dans le travail rivois (1). Si l'affinage s'effectuait, absolument comme l'indique la théorie, on ne comprendrait pas en effet qu'il se produisît de déchet : au contraire, on devrait même retirer du feu, en sus du fer de la fonte, celui passé dans le produit par réduction du laitier.

Les conclusions qui me paraissent se dégager de la discussion précédente sont les suivantes : Résumé sur la méthode Ri

1° Le procédé Rivois affine les fontes pour acier à peu près exclusivement sous l'action *de laitiers riches en oxyde de fer*, l'air et le charbon n'intervenant surtout *que pour fournir au foyer la chaleur nécessaire aux réactions. Les fontes un peu chaudes ou grises sont les plus convenables, les fontes blanches tendant à louper trop vite.*

2° La fonte d'abord amenée à un état complet de liquidité est *peu à peu épaissie en même temps qu'affinée, par la réaction de l'oxyde de fer sur ses éléments*, l'affineur aidant au mélange du laitier et de la fonte, *en refroidissant convenablement celle-ci à certains moments.*

---

(1) Avec les rives ou sornes, il s'attache des proportions notables de fonte à la brasque; c'est là une cause de déchet qui n'est pas à négliger dans le travail rivois Comme preuve de ce fait, il me suffira de dire que si. après une opération, on n'a pas soin de tailler la vieille brasque sur une certaine épaisseur pour la remplacer par de la nouvelle, il se produit, immédiatement après la fusion de l'opération suivante, une effervescence très-grande, due, sans nul doute, à la réaction de la fonte et du laitier engagés dans la brasque.

dans le choix du laitier capable de réaliser la
de ces trois conditions : *sous ce rapport*, *s*
pourrait varier sans danger entre celles du p
et du silicate bi ou même tri-basique.

Comme épuration, l'effet du laitier sera d'a
énergique qu'il *sera plus basique* et *surtout pl*
manganèse, *chaux* et *alcalis* Mais, pour ma
décarburation dans de bonnes limites, *il ne f*
passer une certaine teneur de la scorie en ox
On pourrait vraisemblablement user d'un lai
sique sans craindre une décarburation trop
condition que l'excès de base ne fût pas con
le fer. Mais, ne disposant que d'une proporti
vement faible à d'autres bases, l'affineur riv
entre le protosilicate et le silicate bibasique
encore assez épurant, mais d'un pouvoir dé
suffisamment réduit.

4° Quant au départ des éléments contenu
fonte, il paraît s'effectuer dans un ordre bien
Le silicium et le manganèse disparaissent les p
très-rapidement. Le soufre disparait en mê

cuivre se concentre dans le produit utile de l'affinage (1).

Aux conclusions précédentes, j'ajouterai quelques mots relativement aux avantages et inconvénients de la méthode Rivoise, comme procédé métallurgique.

1° *Sous le rapport de la qualité des produits*, la méthode Rivoise, par sa lenteur même, offre certainement des avantages; mais l'énorme poids de fonte travaillé à la fois, les grandes dimensions que cela nécessite dans le foyer, le mode même d'établissement de celui-ci et surtout son brasquage, sont autant de difficultés qui font que le procédé, pour donner un bon produit et surtout un produit à peu près régulier, ne peut être confié qu'à d'excellents ouvriers dont dépend un peu trop le succès de l'opération. Supério[r]ité du pudd[lage] pour a[ffiner] à la méthode Ri[voise]

Nous verrons plus loin que le même travail s'effectue plus aisément dans le four à puddler, et, par suite, avec des chances plus grandes de succès.

2° *Sous le rapport économique*, les consommations du procédé Rivois, comparativement aux autres méthodes d'affinage au bois, ne sont pas très-élevées; mais la main-d'œuvre y coûte plus cher, conséquence de la lenteur même du travail.

Sous ce second rapport, on ne pourrait pas, dans

(1) Si les fontes n'accusaient pas presque toutes cet élément, on pourrait être tenté d'attribuer la présence du cuivre dans les fontes nos 1, 2, 3, 4, 5, mais surtout dans les nos 2 et 3, à quelque détérioration de la tuyère, faite de ce métal; pourtant, en y réfléchissant un peu, il n'y a rien là de contradictoire avec les affinités connues du cuivre et du fer.

J'ai trouvé, depuis mes analyses, un fait analogue cité dans le *Traité de chimie métallurgique* de M. Rammelsberg (*Lehrbuch der chemischen metallurgie* Berlin, 1850, page 119.

« Il est remarquable, dit cet auteur, que les fers de Mäg-des-» prung soient plus riches en cuivre que les fontes de même » provenance. — Ce métal semble, d'après cela, ne pas se sé-» parer du tout pendant l'affinage. »

... doute que le puddlage serait plus ...
que la méthode Rivoise.

Aussi a-t-on déjà, depuis un an ou deux, ...ques fours à puddler à côté des foyers Rivois (*Saint-Laurent-du-Pont* et *Allevard.*)

II. Puddlage pour acier.

Il n'y a guère que six ou sept ans que l... *pour acier* est, au moins sous ce nom, class... procédés métallurgiques; mais on peut dire... réellement du jour où, comme cela a été... la Loire, vers 1845 ou 1846, par MM. ...tin et Gaudet, on a appliqué les puddlings... cemment introduits dans les forges sous l... fours bouillants, à l'affinage des fontes gris... (Franche-Comté, Berry, etc.) sans mazéage... Alors, en effet, on vit, au lieu d'un fer nerve... sortir du puddlage un fer à grain et dur, rap... tains fers aciéreux des forges au bois. Cet ... faisait déjà sur des soles en riblons un peu p... et plus profondes que pour le puddlage ordi...

actuel pour acier, sauf la dernière, pendant laquelle on s'efforçait de parachever la décarburation, rendue plus difficile par la protection d'une couverture de laitiers contre l'action de l'air.

Il n'y avait de là au puddlage pour acier qu'un pas à faire : il a été fait vers 1851 ou 1852, mais en Allemagne, dans les aciéries de la Westphalie.

La question de la fabrication de l'acier puddlé ne paraît cependant pas avoir été posée dans ces contrées comme une conséquence du travail du fer, mais comme un problème distinct réclamant une solution toute particulière, et surtout des moyens d'exécution nouveaux. Par là s'explique la variété des procédés qui, après les premiers succès de l'usine de Lohe, près de Siegen, furent proposés pour l'obtention de l'acier puddlé.

Pour les uns, et ce sont les plus nombreux parmi les inventeurs qui s'attachèrent à la question, certaines natures d'additions étaient une panacée infaillible pour la transformation d'une fonte quelconque en acier supérieur ; pour les autres, les formes et dimensions du puddling étaient l'objet de modifications non moins importantes : enfin il n'y eut pas jusqu'aux températures du puddling, aux divers instants de travail, qu'on ne prétendît devoir fixer entre des limites étroites, en dehors desquelles il n'y avait pas d'acier à espérer ; les uns proposant des températures élevées, les autres un puddlage froid.

C'est sous le régime de ces recettes diverses que les premiers essais de fabrication de l'acier puddlé furent faits par des ouvriers et contre-maîtres allemands, vers la fin de 1854 ou au début de 1855, dans le bassin de la Loire.

Exposé succ du procéd de puddla

Mais dans une contrée où le puddlage des fontes chaudes, en crasses et à haute température, était déjà

en Belgique (Seraing, le Creusot, etc.
pour acier, ainsi que je vais le résu
sumé du procédé général, j'indiquera
ses modifications et leur raison d'êtr

sition ensions ddlings acier.

Les dimensions des puddlings sont

1° *Suivant l'horizontale :*

Sole : de 1m 50 à 1m,60 de long sur 1m
grande largeur.

Grille : 0m,90 à 1 mètre de long sur 0m,
Grand autel : largeur, 0m,70 à 0m,80 ; lon
Petit autel : largeur, 0m,35 à 0m,40 (lar
pant).

2° *Suivant la verticale :*

Hauteur de la voûte au-dessus de la grill
Hauteur du pont au-dessus de la grille. .
Hauteur des faces supérieures des deux a
au-dessus de la plaque de fonte de sole.
Hauteur des scories (riblons brûlés) au-
de la même plaque. . . . .
Soit profondeur réelle de la sole sous le p
Profondeur de la sole sous le seuil de la
de travail. . . . .
Hauteur de la voûte au-dessus de la sole
l'axe de la porte de travail. . . . . .
Hauteur de la voûte près du

qué. Le rampant est généralement disposé sensiblement en contre-bas de la sole ; il aboutit à une cheminée spéciale, munie d'un registre qui puisse fermer hermétiquement, afin que l'ouvrier soit toujours parfaitement maître du tirage : cette dernière condition est de toutes peut-être la plus importante.

La sole est une partie délicate dans ces appareils. Faite, le plus souvent, de riblons brûlés dont on est obligé de renouveler une partie à la fin de chaque poste, elle doit avoir une certaine épaisseur, pour que la plaque de fonte qui lui sert de support ne puisse éprouver une action trop vive du feu ; mais il me paraîtrait avantageux de ne pas dépasser non plus une certaine épaisseur, afin que cette sole pût être rafraîchie par l'air extérieur. Les parois et les autels sont formés par des canaux en fonte recouverts de scories à l'intérieur, et encastrés d'autre part dans la maçonnerie réfractaire. Ils sont traversés tantôt par des courants d'eau, tantôt par des courants d'air : ce second moyen est généralement préféré au premier, parce qu'il n'entraîne pas une aussi forte consommation de combustible. (Voyez plus loin.)

En se bornant pour le moment aux aciéries proprement dites, les fontes qu'elles puddlent pour acier sont : les fontes blanches lamelleuses ou grises de la *Savoie* et de l'*Isère*, les fontes généralement grises ou truitées de l'*Allelik*, de *Corse* (*Toga* et *Sollenzara*) ; quelques variétés grises de *Franche-Comté* et du *Berry*. Nature des fo[ntes] soumises au puddla[ge] pour acier

Les hauts fourneaux récemment construits dans les Pyrénées-Orientales (*Ria*, *massif du Canigou*) commencent à fournir aux puddleries de la Loire leur part d'approvisionnement. Certaines fontes d'Allemagne (*Styrie*, *bords du Rhin*), et *même les fontes de Suède*, ont été traitées aussi dans quelques usines, mais plutôt à titre d'essai que dans un roulement continu.

... les fontes un peu chaudes, c...
grises d'Afrique, de Corse et de l'Isère.

Comme exemple du travail et de la ... duits du puddlage, je citerai une des ... j'ai suivies, et dans laquelle on traitait 80 kil. *Allelik* et 120 kil. *Sollenzara* : la ... *grise très-graphiteuse*; la seconde était *tr*...

...ail ...dlage. ...iode. ...ement. ...tion ...sole.

La sole ayant été réparée ou faite à ... four étant amené à une bonne chaleur bl... sur la sole 25 ou 30 kil. de crasses de ... battitures tombées aux laminoirs d'étira...

La proportion de ces additions varie ... des fontes : celles qui, comme les fontes ... une tendance à produire par elles-même... quantité de scories, et de scories grass... demanderont que 15 à 20 kil. d'additio... les fontes grises, comme certaines variété... teuses de l'Allelik, en réclameront jusqu'... Il va sans dire aussi que la nature de ces ... varier avec celle des fontes. Après les ad...

(1) Pour faire une sole neuve, on fait brûler ... tant que possible de menus fers de bonne qu... sont brûlés et ramollis ...

jette généralement sur le pourtour de la sole. on introduit la charge de fonte : elle était de 200 kil. dans l'opération dont je m'occupe; mais, en général, on gagne beaucoup en sûreté dans le travail, en bornant la charge à 170 ou 180, et même à 160 kil.

La charge introduite, la grille piquée au préalable, mais après piquage, parfaitement regarnie de combustible, afin d'éviter les cheminées d'air, on lève le registre, on ferme exactement la porte, et la fusion commence à feu plein. Pendant toute cette période, on charge de la houille toutes les 12 ou 14 minutes. En 12 ou 15 minutes, les additions sont fondues et forment un bain de 2 à 3 centimètres de hauteur, s'ajoutant ainsi au peu qui pouvait rester sur la sole au début de l'opération : déjà l'on voit, à ce moment de l'opération, au bas des fragments de fonte ramollis, se dégager quelques bulles et flammèches. Au bout de ce premier quart d'heure, les ouvriers doivent retourner tous les fragments de fonte sur la sole. La fonte n'est complétement fondue que 40 ou 45 minutes après le chargement. A cette époque du travail, le four est au blanc très-vif, le bain est complétement liquide. On voit se dégager de temps en temps quelques bulles gazeuses qui soulèvent le bain là où elles passent. Le crochet ou rabot introduit dans cette masse y trace un sillon qui se referme presque immédiatement. Chaque fois que le crochet entre dans le bain et touche la fonte, on voit jaillir plus ou moins d'étincelles : c'est à ce caractère que les ouvriers reconnaissent le plus ou moins de crudité que présente la fonte après la fusion; ils peuvent par là préjuger si elle sera *rebelle* ou *non* à l'affinage. **1re période. Fusion.**

En tous cas le brassage ne doit commencer que lorsque tout le bain présente cette fluidité parfaite.

Aussi, dans un certain nombre de puddleries pour acier, commence-t-on et finit-on la semaine par quelques affinages pour fer; dans d'autres, *où l'on tient à conserver la qualité du laitier*, on aime mieux chauffer le four à vide que de travailler en fer.

Au contraire, quand au début de la troisième période, le four présente un excès de chaleur, pendant que le brassage est mené d'une manière énergique, le bain se refroidissant lentement, la fonte et le laitier *s'incorporent intimement*, pour ainsi dire, *molécule à molécule*, et donnent une masse pâteuse qui se boursoufle et monte peu à peu. Alors on relève le registre et on entre dans la quatrième période.

Le temps pendant lequel l'ouvrier doit tenir son registre bas ou même fermé dépend beaucoup aussi de la nature des fontes.

S'il traite une fonte rebelle à l'affinage (comme la plupart des fontes grises) une fonte qui sera encore un peu crue lors de l'épaississement, il doit augmenter la durée de cette troisième période. En agissant autrement, il s'exposerait, dès le premier coup de feu de la quatrième période, à voir la fonte repasser à l'état liquide; alors la charge, au lieu de monter, semble rétrograder.

Les fontes grasses, loupantes (c'est-à-dire, les fontes blanches) *montent*, au contraire, avec une facilité extraordinaire, et le ravivement du feu qui marque le début de la quatrième période fait rarement, avec elles, rétrograder la charge.

Quoi qu'il en soit des divers accidents de la troisième période, quand la charge progressivement devenue pâteuse par l'incorporation réciproque de la fonte et du laitier, commence à monter en se boursouflant, on lève partiellement le registre et on ranime le feu peu à peu.

4e période. Bouillonnement. Brassage à température croissante.

... de carbone viennent s'enflammer
face de la fonte en ébullition. Pendant tout le t
dure cette effervescence, l'ouvrier doit co
brasser énergiquement au rabot. On voit u
tude de points solides ou grumeaux d'abord
puis de plus en plus blancs, montant et desce
ternativement, comme soulevés dans le laiti
gaz qui l'agitent et maintenus au-dessus de la
les remous de la masse liquide, sous l'influe
brassage énergique.

Au fur et à mesure que ces grumeaux blan
ils deviennent plus soudants et généralement,
de 20 à 25 minutes, le brassage avec effer
cesse; le puddleur, à l'aide du ringard biselé.
les grains d'acier, les tourne et retourne dans l
en les agglomérant peu à peu : l'effervescenc
presque entièrement, le registre, qui avait
progressivement jusqu'à la moitié ou aux troi
de sa hauteur, étant à ce moment de nouveau
on entre dans la cinquième période, avant le d
laquelle il faut que la grille ait été chargée, de
n'avoir plus à y toucher jusqu'à la fin du tra

Armé d'abord du rabot, puis du ringard ...

sisseur. Chacune des quatre ou cinq autres loupes se fait par un travail semblable et se cingle ou se lamine de la même manière. Assez généralement on trempe la dernière loupe, on la casse et c'est à son grain qu'on juge le travail des puddleurs sur chaque charge.

Résultats du procédé décrit. Durée totale de l'opération.

La cinquième période ne doit durer au plus que 6 ou 7 minutes : il faut considérer en effet, que les laitiers étendus alors en couche de quelques centimètres d'épaisseur sur la sole ne suffisent plus à protéger absolument les massaux d'acier, contre l'action de l'air; et, quoique le registre soit abaissé, un séjour prolongé des loupes dans le four les altère très-notablement.

En se reportant à ce qui a été dit des durées de chaque période, on voit que la durée totale de l'opération varie, pour des mélanges où la fonte *grise* ou *truitée-grise* domine, entre 1 heure 3/4 et 2 heures, ainsi réparties :

	minutes.
1re période. — Réparations de la sole, piquage de la grille, chargement	7
2e période. — Fusion	40 à 45
3e période. — Adoucissement et incorporation réciproque de la fonte et du laitier	25 à 30
4e période. — Brassage, effervescence	20 à 25
5e période. — Confection des loupes	6 à 8
Temps perdu entre deux charges	5
Total	1h 43′ à 2h

Quand le travail est bien conduit sur les soles en riblons, le déchet peut ne s'élever seulement qu'à 4 ou 5 p. 100, compté sur la fonte chargée : au maximum, il atteint 10 à 12 p. 100, particulièrement quand, dans les charges, il entre une certaine quantité de fontes blanches, grasses et loupantes, ou encore quand la charge ne prend pas une grande fluidité.

Comme main-d'œuvre de puddlage proprement dit,

... main-d'œuvre sera généralement compri
1^{f},25 et 1^{f},70 par 100 kil. Ajoutant à cela o
main-d'œuvre accessoire et de martelage des m
on arrive à 1^{f},50 ou 2 fr. de main-d'œuvre
maximum par 100 kil. d'acier en massaux m

La consommation en houille varie entre 130
100 d'acier ; elle atteint exceptionnellement 16
mais avec des qualités de combustible tout à fait
aires ; les premiers chiffres se rapportent à de
ouilles (gailleterie ou châtilles propres) 130 é
aux de consommation des fours bouillants à c
'air et 150 celui des puddlings à courant d'eau

Le procédé de puddlage sur sole en riblons
dditions exclusivement composées de battitures
uit généralement un acier *doux un peu mou*, d
xture rappelle souvent *le fer à grains* plutôt qu
er proprement dit. Il convient bien à la confectio
osses pièces de machines et constructions, pou
elles on le fond en lingots d'un travail assez fac
geage ; il convient également bien à la fabri
rails et aiguilles ; il donne des paquets plus
des à souder et à étirer que l'acier plus dur ; en
pplique aussi à la ...

deviennent pailleuses et tout à fait hétérogènes. On n'admet pour ces usages que les variétés dures, à grain d'acier bien franc; mais elles sont en plus faible proportion que les premières et, pour les obtenir, il faut des fontes spéciales : les fontes grises un peu siliceuses et chaudes paraissent les plus convenables sous ce rapport.

Nous verrons plus loin par quels artifices on peut parvenir autrement à plus de dureté et d'homogénéité dans le produit, mais on les comprendra mieux quand les analyses que je vais rapporter auront établi la nature des réactions du puddlage décrit ci-dessus.

Analyses des produits du travail précédent. Fontes et laitiers.

Les fontes brutes soumises au puddlage renfermaient les proportions suivantes, de *carbone*, *silicium* et *manganèse* :

	Allélik.	Sollenzara.	
Carbone. . . .	3,65	4,20	Le soufre n'a pas été dosé exactement, mais il existe dans ces fontes en très-minime proportion.
Silicium. . . .	1,13	2,06	
Manganèse.. .	2,11	traces.	L'analyse n'a pas décelé trace de *phosphore* ni de *cuivre*.

D'après ces résultats et les proportions d'Allélik et de Sollenzara contenues dans la charge, les teneurs moyennes de celle-ci, en les mêmes éléments, étaient :

(A)	Carbone.	3,980
	Silicium.	1,658
	Manganèse.	1,655

Je rappelle que les additions dans la charge dont j'ai suivi l'élaboration étaient composées *de battitures et de crasses de marteau;* par conséquent elles tiennent aux environs de 90 à 92 p. 100 d'oxyde de fer, le complément à 100 étant composé d'un peu de laitier, de sable et poussières diverses.

J'ai puisé dans le bain, pour en retirer *de la fonte* et *du laitier*, à trois moments de l'opération : les deux premières prises d'essai ont été faites sur trois points différents de la sole.

tres-réduite. (LAITIER n° 2; FONTE nos 1',

3° Vingt-cinq ou trente minutes apr
cence étant à son maximum d'intensité,
laitier ne pouvant plus se prendre isolém
être séparés par triage, après le refroidi
prise d'essai. (FONTE 1", 2", 3"; LAITIER

4° Enfin, après la confection et l'enl
loupes, j'ai recueilli du laitier de la couc
la sole. (LAITIER n° 4.)

Voici d'abord les résultats de l'analyse de

		N° 1.	N° 2.	
(B)	Silice.	14,50	17,50	
	Protoxyde de fer. . . .	83,12	81,14	
	Oxyde de manganèse. . / Traces d'autres bases.	2,38	1,36	
		100,00	100,00	1

Rapport moyen de l'oxygène des bases
silice $= \frac{2 \text{ à } 2,50}{1}$.

Les fontes m'ont accusé les teneurs suiv
bone, *silicium*, *manganèse* :

[redacted]

Discussio des résul d'analys et du pro de puddl en battitu sur sol en riblo

Les résultats (B) montrent d'abord que le laitier CHANGE EXCESSIVEMENT PEU, depuis le début jusqu'à la fin de l'opération : à peine le voit-on un peu moins basique, dans les périodes intermédiaires, qu'aux moments extrêmes du travail : en outre, IL EST EXTRAORDINAIREMENT RICHE EN OXYDE DE FER. Ces deux propriétés du laitier tiennent évidemment à la nature même de la sole et des parois du puddling : les battitures laissées là par les riblons brûlés doivent tendre, en passant dans le laitier, à le ramener toujours au maximum de saturation en oxyde de fer; elles jouent là un rôle exactement inverse de celui de la brasque dans le foyer Rivois.

L'absence de cendres de combustibles, peut-être aussi une teneur plus réduite des fontes en manganèse, enfin la règle que suit le puddleur en battitures sur sole en riblons, de ne jamais amaigrir son laitier par addition modérée de quartz, pratique assez fréquente, au contraire, chez l'affineur Rivois, tous ces faits complètent l'explication des différences qu'on observe entre les laitiers des deux procédés.

1re et 2e pé Éliminati rapide du sil et du manga Accroissem de la teneu en carbo

Si des laitiers nous passons à la fonte, nous voyons qu'à la fin de la deuxième période, alors que le bain est d'une liquidité parfaite, que les laitiers sont en nappe mince au-dessus de la fonte fluide, *celle-ci tient une proportion de carbone d'un quart supérieure à celle de la fonte brute, tandis qu'elle a perdu plus du tiers de son silicium et un tiers de son manganèse.*

Ces résultats concordent d'une manière frappante avec ceux constatés par MM. Johnson et Crace Calvert (*Annales de physique et de chimie*, avril 1858) : une fonte grise brute qui tenait 2,27 de *carbone* et 2,72 de *silicium*, après fusion sur la sole d'un puddling, sous une couverture de laitiers, leur a donné 2,73 de *carbone* et

... que cette surélévation de la teneur en
accidentelle. Comme, à partir de la troisi
le contenu en carbone va, au contraire, en
il convient, avant d'aller plus loin, de ch
son de l'APPARENTE ANOMALIE que présente l
dant la fusion sur la sole du puddling.

A quelles influences sont soumis les fr
fonte pendant la fusion?

A l'action simultanée d'une chaleur blan
tiers basiques et de l'air. La chaleur les ram
par les fondre; mais aussi longtemps qu'ils
solides, leur partie inférieure seule est bai
laitier déjà fondu; presque toute leur surfa
exposée au courant de gaz de la chauffe; or
sous l'influence du tirage plein qu'on donn
four, ce courant est fortement oxydant, qu
garnie que soit la grille.

Nous avons remarqué précédemment le
bulles de gaz qui, lors du retournement, s
au bas des fragments de fonte ramollis : i
action du laitier sur la fonte ramollie ou fon
certainement décarburation, mais elle ne ...

Il est un élément, le graphite, dont l'oxydation par l'air est bien peu probable, surtout lorsqu'il se trouve au contact du fer, non saturé de carbone, porté à la chaleur blanche et ramolli. La résistance du graphite isolé à l'action comburante de l'air est facile à constater quand, dans les laboratoires, on incinère les résidus de l'attaque des fontes très-limailleuses aux acides et au chlore.

Des expériences directes ont d'ailleurs démontré (voy. Valérius, *Fabrication de la fonte*, 1851, page 20) que le carbone libre ou graphite des fontes n'éprouve qu'une action oxydante très-lente ou insignifiante de la part des oxydes de fer à haute température : aussi, pour l'adoucissement des fontes par les poudres oxydantes, choisit-on des fontes blanches, et encore certaines variétés peu chargées de graphite.

Le pouvoir dissolvant du fer et de la fonte non saturés de carbone, par rapport au graphite, est de même établi par des expériences incontestables; parmi celles qu'on pourrait rappeler, j'en citerai d'abord une fort remarquable de Karsten.

Ayant projeté du soufre dans un bain de fonte grise qui tenait :

Carbone combiné. . .	0,6253	Carbone. Total : 3,9372
Graphite.	3,3119	
Soufre.		0,0286

Karsten a trouvé, sous une couverture de fer sulfuré, *de la fonte blanche miroitante* qui renfermait :

Carbone combiné.	5,4878
Soufre.	0,4464

D'après cela, il est évident qu'une partie du fer de la fonte grise s'unit au soufre, donne du sulfure de fer qui s'isole presqu'en totalité du bain, tandis que le

Ce chimiste éminent rapporte qu'il a pu se pro
charbon cristallisé en faisant fondre, dans un
le de porcelaine, de la fonte de fer et y faisant p
courant de chlorure de carbone. « Au contact
le la fonte), dit-il, le chlorure est décomposé
narbon qui se forme ainsi *se dissout* dans le
étallique jusqu'à ce qu'il en soit saturé. Cet
ration s'opère ici par deux causes : d'abor
charbon que fournit à chaque instant le chlor
rbone, et ensuite parce que le fer s'échap
in à l'état de chlorure volatil. Aussi, au bo
u de temps, on peut voir la surface métalliq
uvrir de petites lames hexagonales, brillant
sées, avec un éclat bien plus considérable q
aphite artificiel. »

lus loin, M. Sainte-Claire-Deville ajoute et dém
l'expérience ne réussirait pas si à la fonte on
ait un métal comme l'aluminium, le sodium
, incapable de dissoudre le charbon.

ans les deux expériences que je viens de rapp
oncentration par dissolution du carbone da
e, est activée par les combinaisons du fer avec

la chauffe, soit *pour l'oxygène des laitiers : affinité dissolvante très-grande du fer ou de la fonte non saturée de carbone pour le graphite.*

Dans ces conditions n'est-il pas assez évident qu'à chaque instant de la fusion et à la surface de chaque fragment de fonte grise ou truitée, une partie du fer et quelques autres éléments, comme le silicium et le manganèse, dont les affinités pour l'oxygène à haute température sont si puissantes, vont s'oxyder, se fondre et se dissoudre dans le laitier, tandis que le reste de la fonte, le cœur des fragments, va dissoudre le graphite et tendre à se saturer de carbone combiné? Pour moi, le rapprochement entre ce mode de concentration du carbone et ceux qu'ont observés MM. Karsten et Sainte-Claire-Deville, me paraît très-nettement motivé. Dans les expériences de ces deux chimistes, la concentration se fait sous l'influence du soufre ou du chlore : sur la sole du puddling, elle se fait sous l'influence de l'oxygène des gaz de la chauffe.

On trouverait la confirmation pratique de cette manière de voir dans les différences que présentent la fonte blanche et la fonte grise soumises à l'action de l'air à haute température.

On s'assurerait d'ailleurs, par un calcul des plus simples, que la proportion de fer qu'il faut brûler pendant la fusion pour produire, suivant cette théorie, une pareille concentration de carbone, n'est pas exagérée, en présence, d'une part, du déchet ordinaire du puddlage, et en tenant compte, d'autre part, de la réduction postérieure d'une partie de l'oxyde ainsi formé par les éléments éliminés de la fonte.

Avant de laisser cette question d'accroissement de la teneur du bain en carbone, je remarquerai encore que, dans le procédé Rivois, tout en constatant que la fonte

tandis que dans le foyer Rivois je me suis a
faire ressortir la nullité à peu près absolue de
tion sur la fonte pendant le même temps.

Enfin c'est à l'influence de l'air sur la sole
dlage qu'il faut surtout attribuer la difficulté d
seules pour acier les fontes blanches, même l
blanches lamelleuses : il en résulte, ainsi qu
exposé précédemment, que l'on recherche su
fontes grises, graphiteuses.

Reprenant l'examen des produits de l'affina
avons donc, à la fin de la seconde période,
*liquide où le carbone de la presque totalité de l
s'est concentré.* Cette concentration produite p
solution du graphite dans la fonte amène tou
bone à l'état combiné ou dissous, c'est-à-dire
le plus favorable pour son action réductive sur
le fer des laitiers basiques qui recouvrent la f

La troisième période est marquée par un abai
de la chaleur du four; le brassage commence p
par l'incorporation de la fonte dans le laitier.

La seconde prise d'essai nous montre ce qui

[redacted]

Quant au laitier, il varie peu; pourtant il devient alors un peu moins basique. Or, dès le début de la troisième période, la fonte recouverte de laitier ne peut guère subir l'action de l'air, la simple vue du four le démontre suffisamment (1). Le dégagement de bulles et flammèches d'oxyde de carbone, le léger appauvrissement du laitier, tout concourt à prouver que la fonte s'affine alors par l'action exclusive des laitiers.

Mais aussi longtemps que les matières demeurent fluides, il se fait entre elles, en raison de leurs différences de densité, un départ continuel : par suite, elles réagissent faiblement et très-lentement l'une sur l'autre. Nous verrons plus loin qu'on parvient, même en cet état, à affiner complétement; mais il faut alors beaucoup plus de temps et de combustible, en même temps qu'un plus long séjour des matières dans le four augmente les chances de déchet.

Aussi préfère-t-on en général procéder à l'incorporation du laitier et de la fonte par un abaissement progressif de la chaleur du four.

Lorsqu'on évite les divers accidents signalés précédemment pendant cette période, la fonte demeure, pendant toute la troisième période, ou inférieure au laitier ou enveloppée par lui : elle est ainsi protégée contre l'action de l'air qui, d'ailleurs, en raison de la fermeture du registre, arrive en proportion très-réduite sur la sole.

Les changements de la fonte pendant toute cette période sont donc exclusivement dus à l'action du laitier; le dégagement d'oxyde de carbone continue en effet et devient d'autant plus grand qu'on s'approche davantage de la quatrième période.

---

(1) La fonte ne peut être atteinte par l'air qu'au moment de l'introduction des rabots ou crochets.

modère l'action de ceux-ci sur le premier. Aussi voyons-nous, à partir de cet instant, l'effervescence tomber peu à peu ; le laitier s'étale sur la sole et les parties d'acier affleurent dans ce bain, et, pour la première fois depuis la fin de la deuxième période, la masse ferreuse est exposée à l'action de l'air affluant sur la sole. Aussi le puddleur abaisse-t-il son registre un peu avant la fin de cette quatrième période, afin de diminuer la proportion d'air libre introduite dans le four.

5° période. Confection des loupes d'acier.

La confection des loupes se fait aussi promptement que le peut l'ouvrier, à registre presque entièrement clos. Quelque précaution qu'il prenne cependant, à ce moment du travail, il ne peut éviter une décarburation qui se manifeste surtout dans les loupes qui séjournent le plus longtemps, c'est-à-dire les dernières ; elles sont toujours moins dures que les premières. Mais, en admettant cet effet, peut-on l'attribuer exclusivement à l'action de l'air, et doit-on craindre qu'il se produise à ce moment un déchet notable ?

Je ne le pense pas. Les parties aciéreuses roulées dans le laitier en sont comme vernissées, et il me paraît probable que l'adoucissement des dernières loupes tient à l'action superficielle des laitiers plus longtemps prolongée, peut-être autant qu'à celle de l'air. Cette action des laitiers se poursuit d'ailleurs jusque pendant le martelage ; comme preuve, je signalerai les flammèches d'oxyde de carbone qui jaillissent des loupes pendant cette dernière manipulation. Tenant compte d'ailleurs du peu de durée de la confection des balles d'acier et de l'abaissement du registre, il me semble que le déchet que l'air peut produire pendant cette opération est assez peu considérable. Une cause de pertes plus importante gît dans la dissémination de particules d'acier au milieu du laitier et qui peuvent

tion des laitiers des deux procédés, que la mollesse et la douceur de l'acier, puddlé comme il vient d'être dit, sont dues exclusivement à une trop forte teneur de la scorie en oxyde de fer.

Avant de parler de modifications apportées au travail pour corriger ce défaut, je résumerai ce qui précède sur le puddlage en battitures sur riblons.

Résumé sur le puddla pour acier, en battitures ou crasses, sur sole en riblons.

1° *Ce procédé réclame d'abord des fontes susceptibles de devenir bien liquides* : les fontes grises un peu graphiteuses sont les plus convenables à cet égard ; mais on passe encore assez bien des mélanges de *fontes graphiteuses*, *de fontes truitées* et *d'un peu de fonte blanche*.

2° La fonte est d'abord amenée à l'état de *parfaite fluidité*. Pendant ce passage de l'état solide à l'état liquide, soumise à l'action d'un courant de gaz éminemment oxydant, elle perd une partie de son fer qui avec le sable, avec une bonne partie de silicium et du manganèse, se fond à l'état de silicate dans le laitier : elle gagne au contraire du carbone, la presque totalité de ce métalloïde contenue dans la charge passant *en combinaison ou en dissolution dans la fonte*, et *celle-ci devenant, par là, blanche, plus saturée de carbone*, et, *par suite, plus fluide ;*

3° A mesure qu'elle fond, la fonte se recouvre d'une couche de *laitiers basiques presque exclusivement ferreux.provenant soit des additions de battitures ou crasses de marteau* et *de laminoirs faites au moment du chargement, soit du fer brûlé pendant la fusion* : elle se trouve dès lors ainsi garantie contre toute action de l'air. L'épuration se poursuit, à partir de ce moment, sous l'influence à peu près exclusive du laitier. La décarburation est d'abord très-lente, tant que les réactifs demeurés liquides, *tendent à glisser l'un au-dessus de l'autre ;* on l'active progressivement en les ramenant à

Deville en a signalé récemment un certain nombre, au sujet de la fusion des métaux alliés de silicium.

Nous verrons un peu plus loin que des fontes sulfureuses brassées suffisamment longtemps à l'état complétement fluide avec des laitiers basiques perdent aussi leur soufre qui paraît se dissoudre dans le laitier à l'état de sulfosilicate.

Il a été également constaté, il y a déjà longtemps, par différents auteurs et notamment par M. Berthier dans l'examen des modifications éprouvées par la fonte fondue et brassée sous un bain de scories, que le phosphore s'oxyde et passe dans le laitier aussi rapidement que le silicium.

Enfin ces faits concordent avec ceux observés pendant les périodes analogues du travail Rivois, sauf toutefois la surélévation de la teneur en carbone, beaucoup moins prononcée dans le dernier procédé, nous avons dit pourquoi.

De cette discussion il me paraît résulter assez clairement que la fluidité parfaite du bain ne contrarie pas le départ des principales impuretés de la fonte (silicium, manganèse, soufre, phosphore); elle semble même faciliter leur dissolution dans la scorie affinante, tandis que cet état physique des masses élaborées se prête peu au contact prolongé qui paraît nécessaire à *l'action par masse* de l'oxyde des laitiers sur le carbone de la fonte. Il semble que le carbure de fer maintenu à l'état parfaitement liquide se dépouille des divers autres éléments de la fonte appelés et comme attirés par le laitier ferreux qui les dissout.

Ces propriétés constituent un ensemble de circonstances des plus favorables à la qualité du produit si

dit en dernier lieu montre que le procédé de puddlage appliqué dans le plus grand nombre de cas, *avec battitures* et *sur sole en riblons*, n'est peut-être pas le plus sûr ni le plus convenable pour toute espèce de fontes (1).

Mais par la nature même du travail et de l'appareil où il s'exécute, dans un four où le puddleur voit et suit exactement ce qui passe, ce procédé se prête merveilleusement à toutes les modifications dont on peut espérer quelque amélioration, et cela sans nécessiter de changements d'installation ou d'autres dépenses qui élèvent outre mesure le PRIX DE REVIENT.

Puddla à l'aide de r addition autres qu battitu

Si au lieu d'acier un peu mou on veut, à qualités égales de fonte, de l'acier plus dur, présentant plus d'homogénéité et moins de paille lors des élaborations ultérieures, *qu'on entretienne les soles avec les scories mêmes du travail convenablement refroidies* et *agglomérées* après chaque opération; qu'on ajoute aux laitiers des substances susceptibles de les *rendre plus fluides, capables de les amaigrir un peu, qui les amènent à une composition analogue à celles des bons laitiers Rivois;* qu'on puddle toujours chaud, et non-seulement il n'est pas douteux qu'on puisse obtenir par le puddlage des qualités égales à celles des anciennes méthodes au bois, mais, et l'expérience de quelques usines que je pourrais citer le confirme, on les obtiendra au moins aussi régulièrement.

(1) Il est d'ailleurs à peine nécessaire de remarquer qu'il ne faut pas trop généraliser les conséquences de quelques analyses chimiques. Il est clair, par exemple, que même avec des battitures comme additions, des fontes un peu plus siliceuses ou manganésées que celles auxquelles se rapportent mes analyses, pourraient donner un laitier moins décarburant et par suite un acier plus dur.

Mais, d'une part, l'oxygène du manganèse se dégage assez rapidement pour qu'on n'en puisse attendre qu'un effet assez insignifiant sur les matières à scorifier; d'autre part l'extrême volatilité du sel et sa tendance à se maintenir à la surface, la difficulté par conséquent de faire réagir cette addition sur le métal; enfin, et par dessus tout, *l'état même du métal* et *le degré d'épuration qu'il doit présenter déjà au moment de l'effervescence*, *c'est-à-dire lors de la décarburation*, voilà autant de raisons *de douter de l'influence épurante du mélange.*

En deux mots : *de ces additions*, *résulte certainement un effet physique et mécanique; mais pour l'effet chimique*, *à part l'affaiblissement de la propriété décarburante du laitier*, *il me paraît devoir être très-réduit.*

Il en pourrait être autrement sous ce dernier rapport, si l'addition se faisait au début de l'opération, l'oxyde de manganèse et le peu de soude que le sel pourrait laisser dans le laitier, donnant à celui-ci plus d'affinité pour le soufre, le phosphore et autres impuretés; mais alors l'effet des vapeurs de sel produites pendant la fusion, serait perdu en grande partie ainsi que celui de l'oxygène dégagé par le peroxyde de manganèse.

Ce que je viens de dire du mélange le plus généralement employé pourrait se répéter au sujet de la plupart des autres réactifs proposés, c'est-à-dire, du *spath-fluor*, des *sels alcalins*, *sornes artificielles*, *hypochlorites*, *nitre*, *chlorures*, etc., etc.

Puddl
pour a
avec ad
succes

Dans le procédé général que nous venons d'étudier, les additions principales, c'est-à-dire les scories de forge et les battitures, s'introduisaient au début de l'opération en même temps que la fonte.

Cette pratique n'est pas suivie partout : en Alle-

paraît bien inférieur à celui qu'applique le procédé précédemment décrit. Comme manipulation, il doit entraîner fréquemment les accidents que j'ai signalés dans la troisième période, tantôt par excès, tantôt par défaut de chaleur du four, accidents qui se résolvent en un acier ferreux dépourvu d'homogénéité et en un déchet toujours élevé. J'ajouterai que ce n'est pas là une pure hypothèse de ma part : j'ai assisté à des opérations conduites de cette manière par des ouvriers des bords du Rhin, dans une forge de l'Isère qui ne disposait pas de charbons premier choix et réguliers, ni de fontes de première pureté : les résultats généraux ont été peu satisfaisants; les puddleurs allemands se plaignaient des accidents nombreux auxquels ils étaient exposés pendant la période des additions de scories, par les défauts du chauffage surtout.

D'un autre côté, en procédant à cet empâtement du bain par des scories froides, on supprime le brassage de la fonte et des scories encore liquides par lequel débute la troisième période du procédé général, opération pendant laquelle nous avons vu surtout disparaître les principales impuretés de la fonte. On procède à LA DÉCARBURATION presque en même temps qu'à L'ÉPURATION.

Je crois bien qu'avec les fontes pures du pays de Siegen on peut, sans grands inconvénients pour la pureté intrinsèque du produit, opérer ainsi par additions successives de scories; mais, *avec des fontes plus chargées d'éléments étrangers, la fusion simultanée de la fonte* et *des scories, l'incorporation avec brassage à température décroissante, valent certainement mieux* sous LE RAPPORT DE LA QUALITÉ DU PRODUIT; d'ailleurs à cause des accidents auxquels la première méthode est exposée, elle n'est pas plus favorable que la seconde sous

après le mazéage : elles ont été faites il y a longtemps par différents chimistes (1).

Il a été établi d'une manière assez concordante par ces divers auteurs que le carbone peut disparaître, mais qu'il se maintient en général dans le fin métal en proportion à peu près égale, sinon supérieure à celle de la fonte brute grise ou truitée grise. Le *silicium*, le *phosphore*, le *manganèse* disparaissent en très-forte proportion quand le mazéage est bien conduit. Un seul élément, le soufre, semble résister à cette opération, sa teneur tendant plutôt à augmenter qu'à diminuer. Tous ceux qui ont étudié la question sont tombés d'accord pour attribuer ce fait à la nature sulfureuse du combustible. Quand on considère que cette opération consomme p. 100 de fonte 30 à 40 de coke tenant au moins de 0,30 à 1 p. 100 de soufre, il n'y a en effet rien de surprenant dans la persistance du soufre dans la fonte mazée. Si l'on se reporte d'ailleurs aux résultats d'analyse des produits Rivois, on remarquera que dans les deux premières périodes du travail qui équivalent à un véritable mazéage, la fonte éprouve les mêmes modifications que dans le foyer de finerie anglaise, sauf en ce qui touche au soufre, cet élément disparaissant peut-être un peu moins vite que les autres, mais enfin s'amoindrissant en même temps qu'eux dans le travail Rivois. Cela seul prouverait la justesse de l'opinion qui attribue surtout au combustible l'imperfection du mazéage relativement au soufre.

Résultats du mazéage.

(1) Voyez surtout à cet égard les recherches de Karsten (*handbuch der Eisenhutten Kunde*, 1841, t. IV, page 198). Le mémoire de M. Thomas (*Annales des mines*, 3ᵉ livraison, 1833). — Le rapport de M. Abel sur les derniers brevets relatifs à la fabrication du fer et de l'acier (*Quarterly journal of the Chemical Society*, juillet 1857).

sole un peu plus grande que les fours bouillants pour la même chauffe.

Le travail s'y divise en cinq périodes :

Travail du puddlage sec en sable. 5 périodes.

Première période. — Chargement, sur la sole, généralement sèche, ou à peine couverte de quelques flaques de laitiers, de 200 kilog. de fin-métal seul ou mélangé d'un peu de fonte brute. Durée 5 ou 6 minutes.

Deuxième période. — Fusion ou plutôt ramollissement à registre pleinement ouvert. Ce coup de feu dure 15 à 20 minutes. Après ce temps, l'ouvrier écrase au ringard ceux des fragments qui ne sont pas encore ramollis ou en fusion pâteuse. Un nouveau coup de feu de 6 ou 8 minutes au plus amène la masse à un état de pâtosité que l'ouvrier prend le plus grand soin de bien maintenir pendant la période suivante.

Troisième période. — Dans cet état, la masse est immédiatement brassée au rabot; il se dégage et déjà même un peu avant le début de cette troisième période, des bulles et flammèches d'oxyde de carbone, mais sans que jamais la matière devienne fluide ni se gonfle beaucoup. Le puddleur a même soin de baisser quelquefois son registre de peur de faire tomber la fonte liquide sur la sole; mais cette précaution n'est pas souvent nécessaire à cause de l'allure toujours un peu froide des puddlings.

Quatrième période. — Au bout de 20 ou 25 minutes de brassage une couche très mince de laitier liquide se détache sur la sole, des grumeaux métalliques d'un blanc éclatant se soudent les uns aux autres. Le puddleur, armé du ringard biselé, les soulève et retourne sur la sole, et les expose aussi uniformément que possible à la double influence calorifique et oxydante des gaz de la chauffe. C'est un véritable soulèvement sous

gager de nombreuses bulles de gaz attestant une décarburation sans arrêt. Les fragments dépouillés d'une première couche de cette nature, il s'en forme une nouvelle jusqu'à ce que tout soit tombé en pâte propre au brassage.

A partir du brassage qui se fait sous l'influence d'un courant toujours oxydant, il est aisé de voir que la décarburation se poursuit jusqu'à la fin du travail, soit par influence directe de l'air, soit sous l'influence de l'oxyde de fer, résultat de l'action du premier sur la fonte ou sur le fer.

De cet exposé, il résulte évidemment que depuis son premier ramollissement jusqu'à la confection des loupes, la décarburation de la fonte se poursuit sans interruption.

Si l'épuration préalable du mazéage était toujours bien complète, il pourrait n'y avoir dans ce mode de travail aucun danger pour la qualité du produit. Mais d'un côté, je l'ai fait remarquer plus haut, les résultats du mazéage comme épuration doivent être variables; d'un autre côté, le soufre persiste dans le finmétal en proportion toujours assez élevée, quand, comme d'ordinaire, les fontes mazées sont des fontes grises au coke. Or, il faut rappeler que, suivant les expériences de M. Berthier, l'oxyde et le sulfure de fer ne se décomposent pas réciproquement et qu'ils se combinent en toutes proportions par voie de fusion; mais n'est-il pas nécessaire pour cette combinaison que les deux réactifs soient amenés simultanément à une complète liquidité afin que le contact soit plus parfait entre leurs éléments? Ces conditions sont-elles suffisamment réalisées dans le cas du puddlage sec, où l'oxyde de fer se réduit presque aussitôt qu'il est formé, par suite de la continuité de la décarburation, où la

leur pouvoir affinant : aucun de ces inconvénients n'était plus à craindre avec les fours bouillants.

Puddlage en bouillon de fontes blanches.

La première application qui ait été faite du puddlage gras prenait pour matières premières des fontes blanches, tantôt lamelleuses ou sublamelleuses, tantôt caverneuses, plus rarement truitées et surtout truitées blanches.

Ce qui a été dit précédemment suffit pour faire comprendre que de pareils mélanges, toujours disposés à demeurer un peu pâteux après la fusion, doivent, sous l'influence des battitures, crasses ou scories affinantes, MONTER très-rapidement au brassage, c'est-à-dire, qu'encore ici la décarburation marche au moins aussi vite que l'épuration. Or, si l'on considère que les fontes de cette classe sont généralement impures et surtout chargées de soufre (voyez plus bas les exemples d'analyses des fontes de diverses allures dans la Loire), on comprendra sans peine que le puddlage gras, rapide, appliqué à de semblables matières premières, ait pu PRÉSENTER DES ÉCONOMIES DE FRAIS sur la fabrication par *fontes grises ou truitées mazées* et *puddlées à sec*, mais que SOUS LE RAPPORT DE LA QUALITÉ, on ait eu des résultats inférieurs ou tout au plus égaux à ceux de l'ancienne méthode.

Les circonstances sont tout autres si l'on applique le puddlage gras aux mêmes fontes qui étaient ou sont encore soumises au mazéage.

Puddlage gras ou en bouillon de fontes grises.

Ces fontes deviennent complétement liquides pendant la fusion sur la sole du puddling ; le travail étant d'ailleurs conduit, d'après ce qui déjà a été dit, exactement comme dans le puddlage pour acier, il en résulte que *l'épuration* se fait lentement : d'abord, pendant la fusion, puis pendant le brassage à bain encore liquide qui marque le début de la troisième période, *la*

par des essais assez nombreux faits devant moi dans l'une des susdites forges.

J'ajoute que dans cette forge, non-seulement on fond de la fonte grise de manière à l'amener à l'état parfait de liquidité, ainsi que les scories affinantes, mais qu'encore on continue l'opération à registre pleinement levé : cette condition, en maintenant la liquidité des matières, retarde beaucoup la décarburation, allonge la manipulation du brassage, d'ailleurs très-pénible à cause de la haute température. Il en résulte plus de sûreté dans la nature du produit, et comme, dans certains cas, la qualité est le but capital des efforts du fabricant, il ne recule pas devant *les accroissements de frais*, soit *en combustible*, *soit en déchet de fonte et riblons ou encore en main-d'œuvre* qu'entraîne cette variété du puddlage; mais, en général, il n'en serait pas ainsi.

Je crois que, sans faire d'aussi grands sacrifices de *combustible*, de *temps* et de *riblons*, on peut réaliser les avantages de qualité des puddlages chauds et en crasses de fontes brutes grises, c'est-à-dire remplacer entièrement l'ancien procédé de mazéage et puddlage sec par le puddlage gras de fonte brute, TOUT EN GAGNANT DE LA QUALITÉ et SANS SURÉLEVER LE PRIX DE REVIENT.

Modificat[ions] possibl[es] du puddlag[e]

On pourrait même, je le crois fermement, abaisser sensiblement le prix de revient.

1° En évitant les dépenses très-élevées de l'entretien des soles et des parois en riblons brûlés : les scories des fours à souder ou de l'opération même, convenablement ramollies et agglomérées, doivent produire le même résultat comme solidité; il n'y aurait que le cas de fontes très-impures où les scories de l'opération même devraient être évacuées plutôt que conservées.

MÉMOIRE

SUR LA FABRICATION DU FER A GRAINS ET DE L'ACIER NATUREL AUX FOURS A PUDDLER.

Par M. JANOYER, ingénieur aux forges de Vierzon.

Un des perfectionnements les plus importants dont s'est enrichie, ces dernières années, la fabrication du fer par la méthode anglaise, est, sans contredit, la production du fer à grains et de l'acier naturel aux fours à puddler.

Ces deux produits se substituant tous les jours et avec avantage aux fers puddlés à nerf ordinaires, et n'étant obtenus que très-irrégulièrement, je me suis proposé dans mon travail de décrire en détail les procédés de fabrication qui conduisent d'une manière certaine à leur obtention.

La fabrication de l'acier naturel surtout, qui par son développement et son utilité a pris un des premiers rangs dans les perfectionnnements de l'art sidérurgique, demandait, à ce titre, une description exacte des moyens employés pour obtenir un produit d'une utilité aussi directe qui doit jouer un si grand rôle dans l'industrie nationale et dans l'économie sociale des États.

Les principales usines de France fabriquent déjà, à l'instar de la Belgique, de la Prusse, de l'acier naturel dans leurs forges anglaises.

Les fours employés à la production du fer à grains ou de l'acier naturel ne diffèrent pas sensiblement des fours à puddler ordinaires. Une de leurs conditions essentielles, c'est d'avoir un tirage considérable pour

0^{mc},25 les chaudières verticales ou les chaudières horizontales *sans retour de flamme*, et de placer, dans ce dernier cas, pour chaque four, une cheminée à l'extrémité de la chaudière. La disposition particulière, qui consiste à diriger toutes les fumées dans une galerie souterraine à l'extrémité de laquelle se trouvent plusieurs cheminées, me paraît vicieuse; presque toujours les fours ont de mauvais tirages, ou bien quelques-unes marchent bien au détriment des autres.

Dans les fours à puddler dont je viens de donner les dimensions, la surface totale de la grille est de 0^{mc},90, et les barreaux de fer de 50 sur 30 millimètres forment une surface totale non libre à l'accès de l'air qui varie, selon la qualité du charbon employé, dans les limites suivantes.

Pour du très bon charbon, la surface est de 0^{mc},405, et les barreaux sont au nombre de 9. Pour du charbon de qualité médiocre, cette surface est de 0^{mc},495. Et enfin, pour du combustible de très-mauvaise qualité, cette surface est de 0^{mc},585, et l'on est obligé de travailler avec treize barreaux.

Ces chiffres sont fournis par l'expérience, et je les considère comme les meilleurs pour le travail du fer à grains et de l'acier naturel.

Les briques réfractaires, dont le four est garni parfois contre les plaques qui forment le courant d'air et la sole en riblons sur laquelle on travaille, s'usent. Il est donc nécessaire *d'entretenir le four;* c'est l'expression consacrée. On emploie, à cet effet, des riblons pour la sole et de la grosse crasse (scories très-basiques) mélangées de paille de fer (battitures) pour le cardon ou pourtour du four.

Entr[illegible] du [illegible]

Il faut bien se garder d'introduire (comme cela se pratique malheureusement dans quelques forges) du

grises, c'est qu'elles contiennent plus de manganèse que les fontes blanches, à dose égale dans les minerais, la haute température favorisant la réduction de l'oxyde de manganèse et le passage de ce corps dans la fonte.

2° *Pures.* — Je ne parlerai pas ici du soufre et du phosphore qui, en dose un peu considérable, doivent faire rejeter les minerais. J'entends par pures, des fontes dépourvues de silicium, métal que l'on rencontre toujours en proportion plus ou moins considérable et qui est en quelque sorte une partie intégrante de la fonte. Dès que le silicium est en quantité notable, il se forme rapidement dans le puddlage des protosilicates de fer, scories très-fluides, et dont l'action sur le cordon et la sole en riblons est très-corrosive. Leur aspect se rapproche assez de l'huile très-liquide, ce sont de mauvais oxydants, et l'opération du puddlage en présence d'une quantité abondante de ces scories est toujours très-longue.

Au contraire, si les fontes employées contiennnent très-peu de silicium, il ne se forme que très-peu de scories pendant le puddlage et, encore alors sont-elles très-basiques. Leur fluidité n'est pas aussi grande, leur action n'est pas aussi corrosive; ce sont de très-bons oxydants, et le puddlage marche rapidement (1).

3° *Manganésifères.* — Tous les métallurgistes savent

(1) J'ai eu occasion de vérifier le fait d'une manière bien incontestable aux forges de Vierzon. Un des hauts fourneaux produisait de la très-belle fonte grise dans une allure très-régulière, et les laitiers produits avaient la composition suivante :

Silice	42
Alumine	25
Chaux	33
	100

Dans cette allure, sans changer la nature de la fonte pro-

lité. Traitées pour acier naturel, les fontes furent rejetées, car le produit était ferreux et de qualité très-médiocre.

L'aspect et des analyses répétées des mines d'un autre point du Berri (la Chapelle Saint-Ursin) me décelèrent une quantité de manganèse très-considérable. Convaincu que ces minerais ne pouvaient donner que des produits très-aciéreux, je les traitai dans ce but, et toutes mes espérances furent réalisées. Le fer qui en provenait était à grains très-fins, aciéreux, et l'acier naturel obtenu avec ces mêmes fontes était de qualité tout à fait supérieure.

Les conditions nécessaires à l'obtention du fer à grains et de l'acier naturel établies, je vais passer à la description du travail proprement dit.

Puddlage pour fer à grain

Le four à puddler, convenablement échauffé, reçoit la charge de fonte qui, ordinairement et pour les dimensions données plus haut, est de 180 kilogrammes. *A priori* la charge paraît faible, et l'on peut se demander s'il n'y aurait pas avantage à faire des charges plus fortes. Évidemment oui, au point de vue de la réduction dans la consommation du charbon et de la diminution des frais généraux, main-d'œuvre, etc... Mais il est un écueil dangereux à éviter, celui d'une décarburation peu uniforme du bain de fonte par la difficulté que l'ouvrier éprouve à brasser une masse trop considérable. Le produit peut alors manquer d'homogénéité. Quoique le chiffre 180 pour la charge me paraisse le meilleur pour ce genre de fabrication, je laisse à l'expérience de le modifier, si elle en reconnaît l'utilité et l'avantage.

Les saumons de fonte doivent être empilés les uns sur les autres ou placés debout tout le tour du four, de manière à présenter la plus grande surface à la flamme,

Le puddlage continuant et la réaction des scories (silicates de protoxyde de fer) sur le carbone de la fonte ayant lieu, on aperçoit un bouillonnement de toute la masse par le dégagement de l'oxyde de carbone.

Bientôt, sous ce faible tirage, la température baisse, la disparition d'une portion du carbone de la fonte s'opère, le bain s'épaissit et se boursoufle par la difficulté que les gaz rencontrent à traverser la masse. Selon l'expression du puddleur, *la fonte monte.*

Lorsqu'elle est suffisamment montée, c'est-à-dire lorsquelle a atteint la petite porte du travail, c'est un indice que les méttaux érangers sont suffisamment oxydés; on pousse alors activement le feu en soulevant peu à peu les registres et jetant du charbon sur la grille.

En un mot, on tâche d'atteindre rapidement *la plus haute* température.

Le brassage se poursuit en même temps avec activité; la masse prenant un peu de liquidité par l'augmentation de température s'affaisse légèrement, continue à bouillonner, puis s'épaissit de nouveau. *Elle a pris nature de fer.* La fin de l'opération, qui est indiquée suffisamment par la description que je viens de faire, est encore bien mieux annoncée à l'ouvrier par la difficulté qu'il éprouve à remuer la masse lorsqu'elle prend nature de fer, car elle tend à se souder et offre une grande résistance au ringard.

L'ouvrier alors soulève ce fer spongieux afin d'exposer un peu à l'action oxydante de la flamme les parties qui étaient en contact avec la sole et qui manqueraient de chaleur pour un bon cinglage et un étirage convenable dans les cylindres.

Toutes ces dernières opérations se font, comme je l'ai dit plus haut, en présence d'une très-haute tem-

dans le four avant de les porter au marteau ; car le fer de la première, pendant la confection des autres, s'affinant encore sous l'action de l'air, ne présenterait plus la texture à grains.

Je ferai remarquer ici que tout chef de fabrication qui désire avoir dans le commerce du fer à grains irréprochable, doit casser les barres de fer brut et les classer avec soin d'après le grain ; car bien que l'ouvrier ait pris toutes les précautions possibles dans le puddlage, il arrive souvent que la dernière barre d'une charge de fonte ne présente pas un grain aussi net que la première. Et dans ce cas elle doit être rebutée et mise au fer brut ordinaire à nerf.

Corroyage du fer à grain

Je ne dirai qu'un mot du corroyage du fer à grains, qui, au reste, ne présente aucune difficulté. Il se fait comme celui du fer à nerf. Il n'y a pas à craindre la haute température des fours à réchauffer ordinaires. Le fer à grains doit être chauffé fortement au blanc soudant et, comme la métallurgie le demande, en présence d'un combustible de bonne qualité donnant beaucoup de flamme, moyen sûr d'obtenir un bon produit et d'éviter un déchet.

En terminant la question du puddlage de fer à grains, j'attirerai l'attention du lecteur sur une condition essentielle que j'ai fait ressortir autant qu'il m'a été possible dans ce travail, et qui, à elle seule, différencie presque le puddlage à grains du puddlage à nerfs : je veux parler de la *haute température* qui règne dans la deuxième période du puddlage et de celle qui est recommandée dans le corroyage de ce fer.

Je ne saurais trop insister sur ce point de la production du fer à grains, car les conséquences qui en découlent sont de la plus haute importance et doivent

Ce sont ces variations que je vais tâcher de faire ressortir et de développer avec soin.

Tout ce que j'ai fait observer pour le chargement de la fonte dans le four et la fusion s'applique sans aucune restriction à la fabrication de l'acier naturel. En deux mots, la fonte doit fondre le plus uniformément possible de manière à ne pas laisser de petits fragments non fondus au milieu du bain, au moment où commence le brassage de la masse.

La fusion de la fonte obtenue, le puddlage se commence à l'abri du contact de l'air en lui fermant tout accès au moyen des registres dont sont munies les cheminées. Une fumée épaisse sort alors en abondance par la porte de travail.

Dès que le bouillonnement de la masse a commencé, on jette dans le four, par la petite porte de travail, environ 1/2 kil. de peroxyde de manganèse grossièrement pulvérisé, qui agit ici de deux manières différentes :

1° En augmentant la fluidité des scories ;

2° En formant des scories non oxydantes.

En favorisant la formation de scories très-fluides, on obtient un contact plus intime des parties carburées avec l'agent oxydant, et par suite une action décarburante plus uniforme et mieux répartie.

En formant par l'addition de manganèse des scories non oxydantes, on ralentit la décarburation.

En un mot on a, par ce moyen, une décarburation lente qui permet le départ des métaux étrangers, tout en conservant une forte dose de carbone.

Le brassage de la masse se continue donc activement toujours sous l'influenee de ces scories non oxydantes et en présence d'une *fumée* épaisse dans le four,

très-fluides qui n'ont qu'une faible adhérence au ringard du puddleur. En retirant l'outil du four, elles tombent facilement et présentent un aspect rougeâtre.

Plus on avance dans l'opération, plus la scorie adhère, plus son aspect devient blanc, et l'on commence à observer sur l'outil, au sortir du four, quelques grains de fer *très-petits* qui étincellent faiblement à l'air.

Lorsque la fin de l'opération est arrivée, le nombre et la grosseur des grains augmentent, leur aspect devient brillant parmi la scorie. L'abondance des grumeaux, leur aspect blanc étincelant, combinés à la résistance que le puddleur éprouve à remuer la masse qui tend à se souder, sont des indices certains de la fin du puddlage que tout métallurgiste exercé saisit facilement (1).

Il peut arriver aussi que la fonte employée provienne d'une mauvaise allure de fourneau et ne présente pas l'homogénéité ; alors on apercevra déjà sur le ringard les grumeaux de fer brillant étincelants, et cependant la masse entière n'aura pas toute pris nature ou tendance à se souder. On peut dire, sans crainte de se tromper, qu'avec cette fonte on ne fera jamais de l'acier. Le bain présente à la fois du fer et de la fonte.

L'opération marche bien lorsque les grumeaux brillants apparaissent sur le ringard retiré d'une masse à aspect homogène, compacte, sur laquelle on n'aperçoit pas de matières ferreuses brillantes en saillie, comme dans les deux cas dont je viens de parler.

---

(1) Il est déjà possible à l'ouvrier exercé de juger à ce moment de la qualité que présentera le produit fabriqué. En effet, si pendant le brassage, au moment où apparaissent les grains, le bain semble hérissé de petits mamelons brillants en saillie au milieu d'une pâte homogène, on est sûr que le produit obtenu ne sera pas de l'acier, ou du moins ce sera un produit aciéreux ou ferreux à la fois, le puddlage a été poussé trop loin.

Cette opération doit être faite avec beaucoup de célérité pour prévenir toute action décarburante par un séjour trop prolongé du métal à l'air.

Au sortir du four à puddler et pendant le martelage, les boules lancent des flammes bleues très-abondantes qui sont toujours un signe certain de la production de l'acier. Elles sont la preuve évidente d'une teneur considérable en carbone et ne sont dues qu'à la réaction des scories sur ce dernier. C'est de l'oxyde de carbone.

Après le cinglage, les massiaux ou blooms sont étirés dans des cylindres ébaucheurs en barres plates destinées au corroyage, absolument comme dans la fabrication du fer ordinaire ou du fer à grains. Je dirai cependant que le soudage de l'acier sur lui-même présentant quelques difficultés, il convient *autant que possible* de laminer cet acier brut en *billettes*, c'est-à-dire en barres rondes ou ogivales, pour de là les étirer en échantillons marchands sans misage. On est ainsi plus sûr d'obtenir des barres exemptes de défauts.

Enfin, en terminant ce qui a rapport au puddlage proprement dit ou plutôt à l'obtention de l'acier brut, il est nécessaire, dans les usines où l'on désire avoir une fabrication régulière et irréprochable, de casser toutes les barres pour les classer par qualité suivant l'aspect du grain; car bien que l'ouvrier fasse tous ses efforts pour éviter une décarburation trop active de la fonte, il est à craindre que la dernière boule ne soit un peu plus décarburée que les autres et ne fournisse un acier trop ferreux. D'ailleurs une charge de mauvaise fonte pourrait quelquefois détériorer toute une fabrication de plusieurs jours.

Ce défaut que l'on reproche quelquefois à ce genre de fabrication, *l'irrégularité du produit*, provient toujours d'un manque de soin dans le triage des barres,

par douze heures lorsqu'on travaille en fer à nerfs. Si les fontes employées sont très-pures et ne donnent pas de scories trop corrosives, on marche assez régulièrement avec le maximum.

Dans le cas contraire, la nécessité de refaire souvent la sole et de regarnir le pourtour fait que l'on dépasse rarement quatre charges. Refaire la sole avec des riblons (menue ferraille) est une opération qui exige au moins deux heures.

D'après cela, on voit qu'un four emploie en moyenne par mois 35.000 kilog. de fonte (1). La production en fer à grains ou acier puddlé est alors de 33.000 kilog., la fonte faisant un déchet de 5 p. 100 dans le puddlage.

Quant au déchet relatif de la fonte, pour obtenir ces deux produits, comparé à celui que donne le fer à nerfs ordinaire, il est de beaucoup inférieur, le déchet de la fonte pour fer à nerfs étant bien rarement au-dessous de 8 et 8 1/2 p. 100. Cela résulte de l'action oxydante peu énergique qui règne pendant le puddlage du fer à grains et de l'acier.

La consommation de la houille dans les fours à puddler est identiquement la même, que l'on fabrique du fer ordinaire, du fer à grains ou de l'acier. On consomme par poste de douze heures 14 à 17 hectolitres de houille menue, soit 1.120 à 1.360 kilog. pour 750 à 800 kilog. d'acier brut, ou 1.500 à 1.700 kilog. par tonne d'acier.

Au premier abord, cela semble une anomalie fort étrange; mais on ne tardera pas à trouver l'explication du fait, si l'on remarque que précisément la basse température et la faible combustion de la houille, né-

(1) Je compte 22 jours de travail régulier par mois; c'est la moyenne en comptant les chômages forcés pour réparation et les jours fériés.

Le bain, sous l'influence du brassage, dans ces conditions, s'épaissit et monte.

Le puddlage se poursuit en ouvrant partiellement les clapets ou registres des cheminées de manière à augmenter la température et à avoir de la flamme dans le four. Bientôt le puddleur éprouve de la difficulté à brasser la masse par sa tendance à se souder; il aperçoit, en retirant son crochet du four, une quantité considérable de grumeaux de fer aciéreux blanc étincelant adhérente à son outil; le bain, à ce moment dans l'intérieur du four présente l'aspect d'une pâte homogène. Le moment est arrivé d'arrêter la décarburation.

L'ouvrier baisse les registres en partie, de manière à ne laisser entrer que l'air nécessaire à la combustion de la fumée et des gaz de la houille.

Il confectionne ses boules en ayant bien soin d'éviter toute repliure d'acier sur lui-même, et il continue pour le cinglage et le laminage comme il a été dit pour le fer à grains.

Le corroyage seul diffère un peu. Il suffit de remonter aux observations données plus haut à ce sujet; observations qui ne peuvent supporter de résumé, vu déjà la brièveté de leur description.

NOTE

SUR L'INJECTEUR AUTOMOTEUR DES CHAUDIÈRES A VAPEUR IMAGINÉ PAR M. GIFFARD

ET CONSTRUIT PAR M. H. FLAUD;

Par M. Ch. COMBES, inspecteur général, directeur de l'École des mines.

L'appareil récemment imaginé par M. Giffard, pour l'alimentation des chaudières à vapeur, a excité à très-juste titre, par son originalité, l'attention des ingénieurs. Il en a été fait déjà d'assez nombreuses applications à des chaudières de machines fixes ou de locomotives. Il nous a paru utile, en publiant sa description, d'y joindre quelques réflexions ou explications sommaires. Il nous sera peut-être possible de les compléter ultérieurement par des résultats d'expériences qui en seraient le complément naturel et presque nécessaire. En attendant, elles suffiront pour faire comprendre le jeu de cet ingénieux appareil et pourront détourner quelques personnes qui auraient des notions imparfaites en mécanique et en physique, de tenter des applications peu rationnelles des phénomènes naturels que M. Giffard a su mettre en œuvre avec autant d'habileté que de discernement.

L'injecteur des chaudières à vapeur de M. Giffard ne comporte aucune pièce solide mobile; il est fondé sur le principe de la communication latérale du mouvement des fluides. La *fig.* 1, Pl. III, représente une section de l'appareil par un plan passant par son axe.

se mêle à la vapeur qu'elle condense, et un jet d'eau sort par l'orifice du cône *d* avec une vitesse qui dépend de celle dont la vapeur était animée à sa sortie du cylindre *c* et de la quantité d'eau entraînée. Exactement en face de l'orifice par lequel l'eau jaillit, à une distance de 1 centimètre au plus, se trouve l'orifice d'un autre cône très-allongé I, dont l'axe est sur le prolongement de l'axe commun du cône *d* et du cylindre *c*, mais qui est évasé en sens inverse. La veine liquide sortant du cône *d* jaillit ainsi directement dans l'intérieur du cône I. Celui-ci est mis en communication avec l'intérieur de la chaudière par un tuyau L'; un clapet ou soupape S s'ouvrant vers la chaudière est interposé sur le trajet. Ce clapet est fermé par l'excès de la pression intérieure de la chaudière sur la pression atmosphérique, lorsque l'injecteur n'est pas en activité. Quand il fonctionne et qu'il est bien réglé, le jet s'engage entièrement dans le cône I, et tout le liquide rentre dans la chaudière en forçant le passage par le clapet S. La capacité E' qui existe autour des extrémités des deux cônes opposés l'un à l'autre, *d* et I, communique librement avec l'atmosphère par des ouvertures circulaires O,O qui permettent de voir passer l'eau du cône *d* dans le cône I. La veine est toujours trouble et opaque, soit parce que la vapeur n'est pas entièrement condensée, soit parce qu'un peu d'air est entraîné avec l'eau. Le tuyau T' sert à évacuer l'eau froide qui peut être aspirée en excès avant que l'appareil soit réglé, ou l'eau provenant de la vapeur condensée dans les premiers instants de la mise en train de l'appareil; il est ouvert dans l'atmosphère et ramène ces eaux perdues dans le réservoir d'eau froide.

L'alimentation au moyen de l'injecteur de M. Giffard a lieu d'une manière intermittente. L'appareil est mis

Si l'on admet que, par suite de la forme du vase, de l'orifice, du tuyau qui amène la vapeur, ou de toutes autres circonstances, la vapeur se dilate en avant de l'orifice, de manière à le franchir sous la densité correspondante à la pression atmosphérique même, sa température ayant été entretenue constante par une source de chaleur, pendant la dilatation qui a lieu à l'intérieur du vase, la vitesse de sortie sera, dans ce cas, donnée par l'expression $\sqrt{2g\frac{p}{q}\text{ log. hyp }\frac{P}{p}}$, (*a*)
où q exprime le poids spécifique de la vapeur sous la pression atmosphérique et à la température de 152 degrés, P, p et g ayant la même signification que précédemment. Le poids q est donné par l'équation :

$$q = 0,622 \times 1,299 \times \frac{1}{1 + 0,00366 \times 152} = 0^{k},519;$$

le rapport $\frac{P}{p} = 5$; $\frac{p}{q} = \frac{10330}{0,519}$. En introduisant ces données numériques dans la formule (*a*), on trouve pour la vitesse d'écoulement de la vapeur sortant sous la pression atmosphérique $792^{m},82$ par seconde. La hauteur génératrice de cette vitesse :

$$\frac{p}{q}\text{ log. hyp. }\frac{P}{p} = 32.044 \text{ mètres.}$$

Ceci signifie que la vapeur est animée, à sa sortie, d'une vitesse en vertu de laquelle ses particules considérées comme isolées et sans action les unes sur les autres remonteraient à une hauteur de 15.916 mètres ou 32.034 mètres dans un espace vide de toute matière, suivant que cette vapeur aurait conservé toute sa densité et sa pression, ou qu'elle se serait dilatée depuis la pression de 5 atmosphères jusqu'à celle de l'atmosphère ambiante dans l'intérieur du tuyau, avant de franchir

le rapport de M à m sera déterminé par l'équation

$$M \times 15 + m \times 650 = (m + M)\,60,$$

d'où $$M = \frac{590}{45} \times m = 13{,}11 \times m.$$

Il faudra donc que le poids de l'eau soit, dans les conditions fixées ci-dessus, 13 fois environ le poids de la vapeur.

En admettant que le poids de l'eau soit 15 fois celui de la vapeur, on trouvera que la température du jet liquide serait de 57 à 58 degrés, l'eau étant toujours prise à la température de 15 degrés. Soit donc $M = 15m$; la vitesse u du jet sera $\frac{1}{16}$ de la vitesse de la vapeur, et la hauteur à laquelle il remonterait, en vertu de cette vitesse serait par conséquent $\frac{1}{16^2}\frac{v^2}{2g}$, tandis que les particules de vapeur isolées seraient remontées à la hauteur $\frac{v^2}{2g}$. Mais le poids du jet liquide étant égal à 16 fois celui de la vapeur, on voit que sa force vive est égale à $\frac{1}{16}$ de celle de la vapeur, avant sa condensation.

La vitesse du jet liquide étant toujours $\frac{1}{16}$ de celle de la vapeur sera comprise entre les limites extrêmes $\frac{558^m{,}79}{16}$ et $\frac{792^m{,}82}{16}$, $34^m{,}92$ et $49^m{,}55$ par seconde. Si elle est supérieure à celle avec laquelle l'eau à la température du jet jaillirait de la chaudière dans l'atmosphère sous la pression intérieure de 5 atmosphères, on comprend fort bien que le jet liquide étant lancé dans un ajutage de forme appropriée communiquant avec

teur de M. Giffard, va en augmentant à mesure que la pression effective, c'est-à-dire l'excès de la pression de la vapeur sur celle de l'atmosphère extérieure, diminue. Ainsi, par exemple, si la pression effective n'est que d'une demi-atmosphère, le poids du mètre cube de vapeur sous cette pression et à la température correspondante de 111 degrés, sera de $0^k,8349$.

La formule $V = \sqrt{2g\frac{P-p}{q}}$ donne, dans ce cas, pour la vitesse de la vapeur jaillissant dans l'atmosphère, sans détente préalable :

$V = \sqrt{2 \times 9.8088 \times \frac{4710}{0.8349}} = 332$ mètres par seconde.

La vitesse avec laquelle l'eau liquide jaillirait sous la pression de $5^m,165$ d'eau, équivalente à une demi-atmosphère, serait seulement de 10 mètres par seconde en nombre entier; d'où il suit que la vapeur pourrait entraîner plus de 30 fois son poids d'eau, le jet liquide conservant encore une vitesse suffisante pour pénétrer dans la chaudière. La limite déterminée ainsi grossièrement est sans doute trop élevée, parce que, d'une part, la vitesse de la vapeur est diminuée par les résistances des tuyaux et de l'embouchure, et que, d'autre part, la densité du jet liquide est diminuée par l'élévation de température, par la vapeur imparfaitement condensée peut-être, et l'air entraîné. Mais il n'en est pas moins certain que l'alimentation sera d'autant mieux assurée et pourra être d'autant plus abondante que la pression effective sera moindre dans la chaudière.

Considéré comme appareil d'alimentation des chaudières à vapeur, l'injecteur de M. Giffard est, sans contredit, le meilleur de tous ceux que l'on ait employés

mêmes principes que l'appareil de M. Giffard, pour être appliquées à l'élévation de l'eau, ou plus généralement à la mise en mouvement de masses liquides ou gazeuses, la chaleur contenue dans le jet formé du mélange de la vapeur et des liquides ou gaz entraînés par elle étant inutile au résultat final, seraient de très-mauvaises machines au point de vue de l'économie du travail moteur. Ainsi nous avons vu que, si la vapeur entraîne n fois son poids d'eau ou de tout autre fluide, la force vive du jet est réduite à la fraction $\frac{1}{1+n}$ de la force vive dont la vapeur était primitivement animée, de telle sorte que la force vive perdue est la fraction $\frac{n}{n+1}$ de la force vive primitive. Cette perte augmente énormément avec le rapport du poids entraîné au poids de la vapeur, et ce rapport serait en général très-grand.

Un jet de vapeur sortant avec la vitesse due à une pression de 5 atmosphères peut entraîner 50 fois son poids d'eau et l'élever à une hauteur qui sera à peu près égale à $\frac{1}{2g} \times \left(\frac{558.79}{51}\right)^2 = 6$ mètres en nombre rond. La perte de travail moteur sera, dans cette hypothèse, les $\frac{50}{51}$ du travail total qu'aurait pu développer la vapeur agissant à pleine pression, sans détente et sans condensation, contre la pression atmosphérique extérieure.

Si un jet de vapeur animé de la même vitesse que précédemment entraîne 10 fois son poids d'air atmosphérique, jouant ainsi le rôle de machine soufflante, quelque bien disposé que l'on suppose l'appareil, la force vive dont sera animé le jet d'air humide ne pourra dépasser $\frac{1}{11}$ de la force vive de la vapeur, c'est-

mais il n'a pas été nécessaire d'y avoir recours : après avoir reconnu que l'action de l'injecteur était facile et sûre, la pompe a été enlevée il y a une quinzaine de jours.

L'injecteur est placé horizontalement et fixé par deux pattes en fer sur le flanc gauche de la chaudière, les manivelles des deux vis *m*, *n* tournées vers l'arrière, du côté du mécanicien; l'espace entourant l'ajutage conique terminal du cylindre qui reçoit la vapeur est mis en communication, par un tuyau qui traverse la plate-forme de la locomotive, avec la conduite amenant l'eau du tender. Le tuyau conique I qui reçoit le jet liquide aboutit à une boîte cylindrique verticale renfermant le clapet S qui est établi au-dessus du point d'insertion du tuyau sur la boîte. Au-dessus du clapet est inséré le tuyau qui débouche dans la chaudière, vers la partie inférieure et à l'avant, au point même où était adapté l'ancien tuyau d'alimentation de la pompe; la boîte cylindrique est fermée supérieurement par une plaque fixée au moyen d'un étrier et d'une vis, de façon que le clapet soit facilement accessible, même pendant la marche de la machine. La boîte cylindrique ouverte dans l'atmosphère, qui réunit les deux parties de l'appareil, et dans l'axe de laquelle on peut voir la veine liquide passer du cône injecteur dans le cône récepteur, est munie à sa partie inférieure d'un bout de tuyau par lequel l'eau aspirée, quand elle n'est pas reçue tout entière dans le cône I, s'écoule en dehors; elle tombe, sous les yeux de l'observateur, dans un entonnoir d'où elle peut être ramenée au tender.

Quand l'appareil n'est point en action, le robinet du tuyau de prise de vapeur est fermé et, de plus, la tige pleine *t* est enfoncée dans l'ajutage terminal du cylin-

le cône intérieur doit être enfoncé dans le cône extérieur pour supprimer l'écoulement de l'eau par le tuyau d'évacuation, comme par l'inspection du manomètre. Lorsque l'on veut alimenter au moyen de l'injecteur une chaudière de locomotive au repos, avant qu'elle soit en vapeur, la pression intérieure n'étant que d'une atmosphère 1/2 ou 2 atmosphères par exemple, il faut renfoncer beaucoup l'ajutage du cylindre dans le cône extérieur, et pour cela faire faire plusieurs tours sur son axe à la vis V, la manivelle *n* doit donc être disposée de manière que cela soit facile; c'est ce qui n'a pas lieu dans l'injecteur tel qu'il est actuellement installé sur la locomotive du chemin de l'Est. La manivelle ne pouvant faire un tour entier, le mécanicien est obligé de l'enlever et de la replacer sur son quarré, quand il veut injecter de l'eau dans la chaudière au repos, avant qu'elle soit en vapeur. Il est bien évident qu'en rétrécissant l'espace annulaire entre l'ajutage du cylindre et le cône par lequel passe l'eau liquide aspirée, on diminue le volume de celle-ci. Les faits que je viens de rapporter ne sont pas en contradiction avec ce que j'ai dit de la facilité plus grande d'alimenter une chaudière, au moyen de l'injecteur, à mesure que la pression intérieure diminue; car la vitesse d'écoulement de la vapeur venant de la chaudière diminue à mesure que la pression s'abaisse; le poids de la vapeur dépensée dans l'unité de temps diminue beaucoup plus rapidement, en raison composée des décroissements de la vitesse et de la densité. La quantité d'eau mêlée à la vapeur et injectée dans la chaudière dans l'unité de temps doit donc décroître avec la pression intérieure, bien que le rapport du poids de l'eau à celui de la vapeur aille en augmentant. Or comme cette quantité d'eau affluente dans l'unité de temps dépend surtout de la grandeur de

EXTRAITS DE MINÉRALOGIE

Par M. DE SÉNARMONT.

(TRAVAUX DE 1858.)

Sur l'ersbyite; par A.-E. NORDENSKIÖLD.

(*Beskrifning, etc., Jahrb. f. Min.*, 1858, 312.)

Minéral cristallin en prismes obliques, peut-être doublement obliques, décrit par M. Nordenskiöld comme une scolézite anhydre, et souvent pris pour une wernérite.

La composition en est, suivant A.-E. Nordenskiöld :


$$CaO\,SiO^3 + Al^2O^3\,SiO^3.$$

Nouvelle analyse de l'orthite de la mine de Naes, près Arendal; par D. FORBES.

(*Edinb. New Phil. Journ.*, t. VI, 112.)

SiO^3	31,03
Al^2O^3	9,29
Be^2O^3	3,71
FeO	20,68
MnO	0,07
CeO	6,74
LaO	4,35
CuO	trace.
YO	1,02
CaO	6,68
MgO	2,06
KO	0,90
NaO	0,56
HO	12,24
	99,33

D. Forbes exprime cette composition par la formule :


$$2(2RO, SiO^3) + 2(R^2O^3, SiO^3) + 10HO.$$

L'elléagite appartient probablement au type du prisme rhomboïdal oblique; elle se trouve dans l'île d'Aland en masse cristalline, ayant deux clivages presque à angle droit. Opaque, à peine translucide sur les bords, jaune; poussière blanche; cassure inégale. Dureté, 2,5 à 3.

Fond au chalumeau en émail blanc.

Sa composition serait représentée par :



$$3CaO, 4SiO^3 + 4(Al^2O^3, SiO^3) + 12HO.$$

Sur la vorhauserite; par KENNGOTT.

(*Jahrb. der K. K. Reichsanstalt*, 1857, 358.)

Minéral trouvé à Monzoni, dans la vallée de Fleims (Tyrol), au contact de la syénite avec le calcaire. Compacte, amorphe; cassure conchoïdale ou inégale; brun foncé passant au vert noirâtre; éclat cireux passant au vitreux; translucide sur les bords; poussière brun clair. Dureté, 3,5.

Infusible au chalumeau; devient gris et friable. En poudre fine, est attaqué entièrement par les acides sulfurique et chlorhydrique concentrés.

Analyse par Œllacher :

SiO^3	41,21
MgO	39,24
FeO	1,72
MnO	0,30
HO	16,16
Phosphate de chaux et chlorure de calcium.	0,96
	99,59

De cette analyse, Kenngott déduit la formule :



$$2MgO, SiO^3 + 2HO.$$

Sur la chloropale du Meenser Steinberg, entre Göttingen et Münden; par HAUSMANN.

(*Nachrichten von d. Univ., etc., zu Göttingen*, 1857, 415, p. 213.)

Minéral terreux, quelquefois compacte avec une cassure conchoïde, se trouvant entre les colonnes d'un basalte. Vert pistache; la variété compacte est translucide sur les bords. Dureté, 4,5. Densité, 2,158.

[redacted]

Quartz	10,30
SiO^3	58,90
PhO^5	0,16
Al^2O^3	20,49
Fe^2O^3	0,39
CaO	traces.
MgO	0,50
KO	0,29
HO	8,35
	99,38

Cette composition se rapproche de celle de la cimolite et répond à la formule $Al^2O^3, 3SiO^3 + 2HO$.

La pélicanite paraît être un produit de décomposition du feldspath.

Analyse d'antigorite; par G.-J. Brush.

(*Sill. Am. Journ.*, [2] XXIV, 128.)

SiO^3	41,58
FeO	7,22
MgO	36,80
NiO, Cr^2O^3	traces.
Al^2O^3	2,60
HO	12,67

D'après cette analyse, Brush regarde l'antigorite comme une serpentine schisteuse.

Les caractères optiques s'opposent à cette réunion.

Analyses de serpentine; par Gilm.

(*Wien. Acad. Ber.*, XXIV, 287.)

I. Serpentine écailleuse (antigorite?) de Windisch-Matrei, vallée de Kals (Tyrol). Dureté, 3,5. Densité, 2,593.

II. Serpentine fibreuse feutrée (métaxite) de Pregratten (Tyrol). Dureté, 2. Densité, 2,564.

	I.	II.
SiO^3	42,42	42,19
MgO	38,05	38,71
FeO	5,71	5,98
Al^2O^3	0,65	0,62
HO	12,91	12,54
	99,74	100,04

[redacted]

Sur quelques zéolithes; par HEDDLE.

(*Phil. Mag.*, [4] XIII, 52.)

Heddle regarde la mésolite comme formant une espèce différente de la scolézite. Il réunit au contraire l'antrimolithe de Thomson à la mésolite. Le mésole forme pour lui une espèce sous le nom de Farœlite.

Analyses :

I. Mésolite. Cristaux aciculaires blancs feutrés de Talisker (Skye).
II. *id.* Petites agrégations plumeuses, de Storr (Skye).
III. *id.* Masses rayonnées jaunâtres de Kilmore (Skye). Greg y a mesuré des angles de 89 et de 90°.
IV. *id.* Cristaux plumeux de Nalsöe (Farœ).
V. Antrimolithe de Thomson.
VI. Farœlite de Storr (Skye).
VII. *id.* de Portree (Skye).
VIII. *id.* de Uig (Skye).

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
SiO^3. . .	46,71	46,72	46,26	46,80	47,07	41,32	41.20	43,17
Al^2O^3. .	26,62	26,70	26,48	26,46	26,23	28,44	30,00	29,30
CaO. . .	9,08	8,90	10,00	9,08	9,88	11,54	11.40	9,82
NaO. . .	5,39	5,46	4,98	5,14	4,89	5,77	4,38	5,33
HO . . .	12,83	12,92	13,04	12,28	12,24	13,26	13,20	12,40
	100,63	100,64	100,76	99,76	100,31	100,33	100,18	100,02

D'après ces analyses, Heddle attribue à la mésolite et à la farœlite les formules suivantes comprises entre celle de la mésotype et celle de la scolézite :

Mésotype. . . . . $NaO, SiO^3 + Al^2O^3, SiO^3 + 2HO$.
Fargite (ancienne Galactite). $(2NaO, CaO)3SiO^3 + 3(Al^2O^3, SiO^3) + 7HO$.
Farœlite. . . . . $(NaO, 2CaO)2SiO^3 + 3(Al^2O^3, SiO^3) + 6HO$.
Mésolite. . . . . $(NaO, 2CaO)3SiO^3 + 3(Al^2O^3, SiO^3) + 8HO$.
Scolézite. . . . . $CaO, SiO^3 + Al^2O^3, SiO^3 + 3HO$.

Analyse d'hypostilbite; par S. HAUGHTON.

(*Phil. Mag.*, [4] XIII, 509.)

Haughton regarde comme identique avec l'hypostilbite de Beudant un minéral de l'île de Skye, qu'il a analysé, et qui est le même, d'après ses caractères extérieurs, que la substance décrite par Heddle comme une laumonite effleurie.

Analyse de chaux phosphatée; par W. MAYER.

(*Ann. der Chem. und Pharm.*, CI, 281.)

Nodules fibreux et rayonnés du calcaire jurassique d'Amberg. Blanc jaunâtre, friable.

PhO^5	39,57
CO^2	2,78
CaO	52,21
MgO	0,09
NaO	0,27
KO	0,39
Fe^2O^3	0,90
Fl	1,90
Gangue et silice	1,96
	100,07

Mayer a trouvé aussi de l'iode dans ce phosphate. D'après Renisch (*N. Jahrb. für Pharm.*, VIII, 323), la présence de cet élément n'est pas constante.

Analyse de wavellite; par GENTH.

(*Sill. Am. Journ.*, [2] XXIII, 423.)

Wavellite en cristaux rhombiques groupés en étoiles, en masses botrygoïdes, avec du fer oxydé hydraté de Steamboat, comté de Chester (Pensylvanie).

PhO^5	34,68
Al^2O^3	36,67
HO	28,29
Fer ou hydraté mélangé.	0,22
Fl	traces.
	99,86

Ces nombres s'accordent avec la formule :

$$3Al^2O^3, 2PhO^5 + 12HO.$$



Analyse de tryphilline de Bodenmais; par G.-R.-F. GERLACH.

(*Zeitschr. f. d. ges. Naturwissensch.*, IX, 149.)

PhO^5	40,32
FeO	36,54
MnO	9,05
CaO	0,58
MgO	1,97
KO	0,35
NaO	2,51
SiO	6,84
	98,16

[redacted]

à 5,36. Couleur brune; poussière brun jaunâtre; éclat résineux tirant sur l'éclat métallique.

TaO^2	44,48
YO	27,83
CaO	1,68
CeO	5,63
LaO	1,47
FeO	2,11
UO	5,99
SnO^2	traces.
H^2O^2	3,55
ZrO	2,78
HO	4,66
	100,18

Sur l'iwaarite; par A.-E. NORDENSKIÖLD.

(*Beskrifning, etc., Jahrb. f. Min.*, 1858, 312.)

Minéral trouvé dans l'éléolithe à Iwaara, paroisse de Kucisamo (Finlande). Il cristallise dans le type régulier. Dureté, 6. Cassure conchoïde, passant à la cassure inégale; éclat adamantin; opaque; noir; poussière brune. Fusible au chalumeau en émail noir.

La composition en serait représentée par la formule :



$$2(3CaO, SiO^3 + F^2eO^3, SiO^3) + TiO, Ti^2O^3.$$

Sur la tantalite; par A.-E. NORDENSKIÖLD.

(*Acta. soc Fennicæ*, V, 163; *Pogg. Ann.*, CI, 625.)

A.-E. Nordenskiöld distingue deux espèces de tantalites; l'une, à laquelle il laisse le nom de tantalite, se rencontre à Skogböle, paroisse de Kimito, et à Härkäsaari, paroisse de Tammela (Finlande). Elle est caractérisée par un éclat métallique faible, une couleur noire, une poussière brun noir ou brun girofle, une cassure inégale, une densité de 7,8 à 8, une dureté de 6,1 à 6,5.

Les cristaux appartiennent au type du prisme rhomboïdal droit; les axes sont dans le rapport de 1 : 0,8170 : 0,6517.

Faces dominantes . . . . b^1, $g^{13/3}$.
Faces subordonnées . . . . g^1, h^1, (b^1 [illegible]), [illegible].

Mâcles suivant g^1.

Angles : b^1/b^1 sur les arêtes latérales. . . 91°44'.
sur les arêtes culminantes. 126°1' et 112°37'.

100,36

Nordenskiöld exprime ces rapports par la for

$2FeO, 5TaO^2$.

L'autre espèce, qu'il désigne sous le nom d'i
trouvée qu'à Skogböle, où elle accompagne la p
possède un éclat métallique faible, une couleu
poussière brune. Sa densité est de 7,0 à 7,1,
6 à 6,5.

Elle cristallise dans le type rhomboïdal droit e
dans les rapports 1 : 0,5508 : 1,2460.

Faces dominantes.	P, h^1, g^1.
Faces subordonnées.	b^1, M, e^2, $e^{2/3}$

Les cristaux sont souvent mâclés suivant cette

Angles : b^1/b^1 sur les arêtes latérales		1
Id. les arêtes culminantes.		
Id. M/M.		1

Ne change pas seul au chalumeau. Avec le bo
et donne les réactions du fer et du manganèse.
sur le charbon, donne des paillettes d'étain.

Sur l'adelpholite; par N. NORDENSKIÖ

(*Beskrifning, etc., Jahrb. f. Min.*, 1858, 312

Minéral cristallisant dans le type carré, trouvé

Analyse de gœthite de Finstermüntz (Tyrol); par Gilm.

(*Wien. Acad. Ber.*, XXIV, 289.)

Petites écailles trouvées dans une roche d'épidote veinée de calcaire.

Fe^2O^3	83,29
HO	6,92

Ce qui répond, à peu près, à Fe^2O^3, HO.

Sur le fer natif trouvé à Chotzen; par J.-G. et K.-A. Neumann.

(*Jahrb. d. K. K. Reichsanstalt*, 1857, 351 et 354.)

En creusant un tunnel à Chotzen, cercle de la Chrudim, en Bohême, on a trouvé dans le calcaire des rognons marneux pénétrés de fer oxydé hydraté, et renfermant, dans une cavité, du fer natif entouré d'une couche épaisse de rouille.

Ce fer a présenté la composition suivante :

Fe	98,33
Ni	0,61
As	0.32
G (graphite)	0,74
	100,00

Il est ductile; les acides n'y décèlent aucune trace de structure cristalline.

C'est probablement un fer météorique ancien.

Analyse de la coracite; par Genth.

(*Sill. Am. Journ.*, [2] XXIII, 421. *Journ. f. pr. Chemie*, LXXIII, 306.)

C'est, d'après Genth, une pechblende impure.

U^2O^3	46,21
UO	16,47
Fe^2O^3	3,51
Al^2O^3	0,52
MgO	0,56
CaO	5,33
PbO	7,30
SiO^3	13,15
CO^2 et HO	6,14
	99,23

IV. Uranochalcite aciculaire vert pomme.

V et VI. Uranbluthe (zippeite) en aiguil[illegible] ou jaune citron.

VII. Uranocher, jaune citron.

VIII. Uranocher, jaune orange.

	I.	II.	III.	IV.	V.
SO^3. . . .	20,02	12,34	12,13	20,03	17,36
UO, U^2O^3.	67,72	79,50	79,69	36,14	»
U^2O^3 . . .	»	»	»	»	62,04
CuO . . .	5,99	»	2,24	6,55	5,21
CaO . . .	»	1,66	0,05	10,10	»
FeO. . . .	0,20	0,12	0,36	0,14	»
Fe^2O^3. . .	»	»	»		»
HO. . . .	5,59	5,49	5,25	27,16	15,23
	99,52	99,11	99,72	100,12	99,84

Analyse de bismuth sulfuré de Ri

par F.-A. Genth.

(*Sill. Am. Journ.*, [2] XXIII, 4

S . . . .
Te (*). . . . .
Bi. . . . .
Cu. . . . .
Fe. . . . .
X (**). . . . .

(*) Avec une trace de selenium.

(**) Amphibole pénétrant le minéral.

En déduisant le fer et le cuivre à l'état d

[redacted]

Sur le weisskupfererz; par Robell.

(*Anzeigen d. k. Acad. d. Wiss*, 1857, n° 37. *Journ. f. pr. Chemie*, LXXI, 140.)

Le weisskupfererz de Schneeberg, de même que la lonchidite et la kyrosite, n'est autre chose qu'une pyrite blanche, mélangée de cuivre sulfuré et de fer arsenical.

Le weisskupfererz a donné à l'analyse :

S	48,93
Fe	43,40
Cu	3,00
As	0,67
Quartz	4,00
	100,00

Analyse de carrolite et de siégenite; par F.-A. Genth.

(*Sill. Am. Journ.*, [2] XXIII, 418.)

I. Carrolite pure, à cassure conchoïde, d'une couleur gris d'acier, tirant sur le blanc d'étain, avec un reflet rougeâtre, de la mine de Patapsco (États-Unis).

La carrolite de la mine de Springfield (comté de Caroll, Maryland) se trouve quelquefois en octaèdre.

II. Siégenite de Mineral-Hill (comté de Caroll).

Clivable parallèlement à P ; d'un gris d'acier tirant sur le jaune. Se trouve mélangée avec du cuivre sulfuré.

III. Siégenite de la mine de la Motte (Missouri). Rarement cristallisée, faces a^1, P, couleur gris d'acier clair.

	I.	II.	III.
S	41,71	39,70	41,54
Cu	17,55	2,23	trace. (*)
Ni	1,70	29,56	30,53
Co	38,70	25,69	21,34
Fe	0,46	1,96	3,37
Pb	»	»	0,39
Insoluble	0,07 (quartz)	0,45	1,07
	100,19	99,59	98,2

(*) Il y a aussi des traces d'antimoine.

dimorphes et se trouvent dans la natu
cuivre sulfuré prismatique et comme h
second comme covelline et comme cant

Genth regarde la harrisite et la canton
morphoses de galène en sulfure de cuiv

L'analyse de ces deux substances lui
site I, et pour la cantonite II :

	I.
S.	20,6
Se.	0,0
Ag.	0,1
Cu.	77,7
H.	0,0
Fe	0,3
Partie insoluble.	0,67
	99,71

Sur l'énargite de Brewer's-Mine ; p

(*Sill. Am. Journ.*, [2] XXIII,

Genth considère comme de l'énargite u
d'aspect métallique, clivable suivant l
rhomboïdal, qu'on a trouvé sur du quartz
Mine (comté de Chesterfield, Caroline du

Il y a trouvé :

S.	
As.	
Cu.	

[redacted]

masses d'un blanc d'argent, recouvertes de cuivre oxydulé, à cassure grenue. Densité, 6,902.

	I.	II.	III.
Cu.	71,56	71,48	83,30
As.	28,44	28,26	16,23
Ag.	»	»	0,31
	100,00	99,74	99,84

Les deux premières analyses conduisent à la formule Cu^6As et la dernière à $Cu^{12}As$.

Analyse de Kéramohalite; par L. BARTH.

(*Wien. Acad. Ber.*, XXIV, 289.)

Minéral provenant de Nikolsdorf, au-dessous de Lienz (Pusterthal, Tyrol). Il forme une croûte mince jaunâtre fibreuse sur un schiste micacé.

Al^2O^3	15,8
Fe^2O^3	trace.
SO^3	36,0
HO	48,4
	100,2

Ce qui répond à la formule :

$$Al^2O^3, 3SO^3 + 18HO.$$



Sur la chérokine; par SHEPARD (1), GENTH (2), F. S. HUNT (3).

(1) (*Treatise on Miner.*, 3e éd., 407; *Sill. Am. J.*, [2] XXIV, 38.
(2) (*Sill. Am. Journ.*, [2] XXIII.)
(3) (*Sill. Am. Journ.*, [2] XXIV, 275)

D'après Genth et S. Hunt, la chérokine de Shepard est simplement une pyromorphite renfermant moins de 1 p. 100 d'une substance blanche, qui lui communique probablement sa couleur.

Analyse de l'aräoxène de Dahn, vallée de la Lauter (Bav. rhén.); par BERGEMANN.

(*Jahrb. f. Min.*, 1857, 397.)

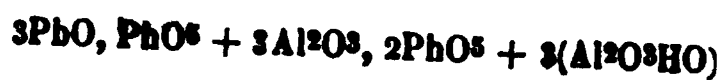
PbO	52,55
ZnO	18,11
AsO^5	10,52
VO^3	16,81
Al^2O^3, Fe^2O^3 (*)	1,34
	99,33

(*) Avec un peu d'acide phosphorique.

La hitchcokite de Shepard présente, d'ap
croscope, une structure cristalline. Dureté, 4
Il a trouvé pour sa composition :

Partie insoluble.	0
Cl	0
Co^2	1
PhO^5	18
PbO.	29
Al^2O^3.	25,
Fe^2O^3.	0,
CaO.	1,
HO	20,
	99,

et lui attribue la formule :



$$3PbO, PhO^5 + 3Al^2O^3, 2PhO^5 + 3(Al^2O^3HO)$$

Dana classe cette substance auprès du plom

Sur le mica à deux axes de Alt Kemnitz, p
(Silésie) ; par WEBSKY.

(*Zeitschr. d. deutschen Geol. Gesellsch.*, IX

Ce mica est cristallisé dans le type rhomboï

Faces	M, g^1, P.
Angles.	M sur M = 121° ; P sur

Densité : 2,96.

[redacted]

Faces. . . . . h^1, e^2, e^4, a^1, e^3, e^2, b^2, b^1, M.
Inclinaison de la diagonale oblique sur l'axe. 64° 18'.

Angles de. . . . . e^2 sur a^1 = 154°34'.
Id. . . . . e^2 sur e^4 = 150°17'.
Id. . . . . e^2 sur b^1 = 125°28'.
Id. . . . . e^2 sur M = 111°37'.
Id. . . . . b^1 sur M = 151°13'.

Les cristaux sont allongés dans le sens de la diagonale horizontale.

Sur la prosopite; par SCHEERER.

(*Pogg. Ann.*, CI, 361.)

La prosopite appartient au type rhomboïdal droit, avec hémiédrie des octaèdres. L'hémiédrie se fait comme si la petite diagonale était oblique.

Faces. . . . . b^1, g^3, g^1, ($b^{1/2}$, $b^{1/3}$, $g^{1/2}$), e^2.
Angles . . b^1 sur b^1 = 133° 57'.
($b^{1/2}$ $b^{1/3}$ $g^{1/2}$) sur ($b^{1/2}$ $b^{1/3}$ $g^{1/2}$) = 120° 56'.
g^3 sur g^3 = 74° 5' à 79°.
e^2 sur e^2 = 110° 5'.

Incolore ; cassure inégale ou conchoïde. Dureté, 4,5. Densité, 2,890 à 2,898. Chauffée dans un tube, dégage de l'eau et du fluorure de silicium. Décomposable par l'acide sulfurique bouillant.

La prosopite renferme :

Al^2O^3	42,68
CaO	22,98
MnO	0,31
MgO	0,25
$SiFl^3$	10,71
HO	15,50
	92,43

Il y a en outre 0,15 de potasse.

Forme cristalline de la monazite; par ZSCHAU.

(*Allg. deutsch Nat. Zeit. Dresden*, 1857, 208 ; *Sill. Am. J.*, [2] XXV, 410.)

Grand cristal provenant de Helle (Norwége).

Angles. . . . . M sur M = 92° à 93°.
P sur a^2 = 130°.
P sur h^1 = 77°.
P sur b^1 = 124°.
P sur e^2 = 128°.
P sur e^1 = 110°.

Faces. . . . P, M, $g^1 g^{5/3} h^1 h^3 h^5$, b^1, b^1
a^1, a^4, a^8, e^3, $(b^1 b^{1/2} g^{1/2})$,
$(b^{1/3} b^{1/4} h^{1/4})$, $(b^{1/7}$, $b^{1/8}$, g^1

Forme cristalline de la strontiane su

par WEBSKY.

(*Zeitschr. d. deutschen Geol. Gesells*

Cristaux de Pschow, près Rybwik (Haut

Faces. . . . P, M, g^3, h^1, h^3, b^1, a^4, a^8, e^1, e^2
$(b^1 b^{1/2} g^{1/2})$, $(b^{1/2} b^{1/3} g^{1/3})$, $(b^{1/5} b$
$(b^{1/5} b^{1/16} g^{1/16})$, $b^{1/2} b^{1/3} g^{1/2})$, $(b^{1/}$
$(b^{1/3} g^{1/4} g^{1/3})$, $b^{1/7} b^{1/8} g^{1/7})$, $b^{1/23}$
$(b^{1/3} b^{1/4} g^{1/2})$, $(b^{1/3} b^{1/4} g^{1/6})$, $(b^{1/5}$
$(b^{1/15} b^{1/16} g^{1/24})$, $b^1 b^{1/2} h^1)$.

Forme cristalline de l'étain oxydé de Pit

par A.-F. NORDENSKIÖLD (1) et G

(1) (*Acta. Soc. sc. Fennicæ*, V, 178; (*Pogg.*
(2) (*Verhandl. d. k. russ. min. Gesellsch.*,

Faces. . . . b^2, b^1, $b^{2/3}$, $b^{1/3}$, a^2, $(b^1$, $b^{1/2}$, $h^{1/12})$,
$(b^2$, $b^{2/3}$, $h^1)$, P, h^1, m, h^5, h^7.

Les faces suivantes sont moins sûres, n'a
minées par les zones auxquelles elles appar

$b^{3/2}$, $b^{1/7}$, $(b^{16/3}$, $b^{16/33}$, $h^{17/32})$ $(b^{1/4}$,
$(b^{4/3}$, $b^{4/11}$, $h^1)$ $(b^{1/5}$ ...

Les cristaux de Cork et de Dernbach ne renferment que de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique, mais ceux de Horhausen contiennent une quantité notable d'acide arsénique.

I. Beudantite de Dernbach.

II. Beudantite impure de Horhausen.

	I.	II.
SO^3	4,61	1,70
PhO^5.	13,22	2,79
AsO^5.	trace.	12,51
PbO	26,92	23.43
CuO.	trace.	»
Fe^2O^3.	44,11	47,28
HO.	11,44	?
	100,30	»

Forme cristalline de beudantite; par DAUBER.

(*Pogg. Ann.*, C, 579; *Jahrb. f. Min.*, 1857, 511.)

Cristaux rarement nets de Dernbach, près de Montabaur (Nassau) et de Glandow, près Cork (Irlande).

Rhomboèdres P, e^1, $e^{5/7}$, $e^{2/3}$; a^1.

Angle de P sur P^1 (arêtes culminantes) = 91° 18'.

EXTRAITS DE CHIMIE

ET TRAVAUX DES LABORATOIRES DE CHIMIE DU SERVICE DES MINES DANS LES DÉPARTEMENTS.

(ANNÉE 1858.)

Sur la saponite, nouvel hydrosilicate d'alumine ; par M. J. NICKLÈS,

Professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

Ce minéral se rencontre dans le bassin de Plombières, empâtant une roche de granite porphyroïde qui donne passage à une des sources d'eau minérale appelée *source savonneuse*, découverte au dernier siècle et mise en honneur par Alliot, premier médecin de Léopold I[er]. Le minéral lui-même est déjà mentionné par les historiens de cette époque et notamment par Dom Calmet ; ils l'appellent *pierre à savon*, et lui attribuent des propriétés merveilleuses qu'ils communiquent à l'eau minérale elle-même (1).

M. Jutier, ingénieur des mines chargé des travaux pour le captage et l'aménagement des eaux minérales de Plombières, a retrouvé cette substance. Il m'en a remis une certaine quantité, et sur sa demande, je l'ai soumise à un examen dont voici le résultat :

Tantôt la pierre à savon est blanche et saupoudrée d'une poudre brune qui n'est autre chose que le détritus du granite porphyroïde ; tantôt, au contraire, elle est marbrée de bleu comme le savon de Marseille. Dans tous les cas, elle offre les apparences et le toucher du savon, se laisse couper et racler au couteau et même diviser entre les doigts.

(1) Dom Calmet. *Traité historique des eaux et bains de Plombières*, p. [illegible].
Le Maire, medecin stipendié de la ville de Remiremont et dont plusieurs mémoires sont insérés dans le traité de Dom Calmet, parle également d'un savon que l'on trouve dans les sources de Plombières, où, dit-il. « il se forme par une fermentation particulière quoique peu connue » (année 1748).
Geoffroy, *Histoire de l'Académie des sciences*, 1740, p. 60. « Il y a à Plombières des sources froides d'eau savonneuse. On y trouve des pierres qui sont comme du savon. »
Buc'hoz, médecin, botaniste lorrain. *Vallerius Lotharingiæ ou Catalogue des mines, terres, fossiles, sables et cailloux qu'on trouve dans la Lorraine et les trois évêchés.* — Nancy, 1768.

. p. 100 de plus dans le premier que dai
été remis par un habitant de Remiremont.

Il se délaye dans l'eau froide, mais n
l'eau distillée bouillante, il cède de quoi
de baryum aiguisé d'acide chlorhydrique
niaque en est également troublé. L'eau di
il a été bouilli, est neutre aux réactifs.

Au chalumeau, il se dessèche, mais ne fo
de phosphore, il se dissout par parties, en
de silice.

Chauffé dans une cornue, il abandonne
d'ammoniaque.

Il est insoluble dans l'acide chlorhydriqu
dant cet acide est fortement ferrugineux
acides du commerce, il se décolore en parti
que temps de contact avec de la raclure
quelle, de son côté, se recouvre de sesquiox

L'acide sulfurique chaud le décompose; en
on obtient de la silice et une dissolution co
proportion d'alumine, de la chaux et un peu

A froid, la potasse et la soude paraisse
chaud, ces alcalis dissolvent partiellement
en neutralisant ensuite avec de l'acide acé
séparer de la silice en gelée.

Certains échantillons contiennent de petit

D'après tous ces caractères, ce minéral p
comme un hydrosilicate d'alumine; c'est ...

se vitrifie moins aisément que le minéral naturel contenant toute son eau d'hydratation.

Convenablement divisé puis exposé à la température de 15 à 18° C., il perd 22 p. 100 d'eau ; il en perd 29 p. 100 sous une cloche sur l'acide sulfurique, et en reprend de nouveau 10 p. 100 dans une atmosphère humide.

La perte éprouvée au bain-marie est de 34 p. 100 ; elle est de 37 p. 100 par la calcination au rouge.

Les substances fixes qui composent cet hydrosilicate sont, essentiellement, de la silice, de l'alumine, et accessoirement, de la chaux et de l'acide sulfurique. Après avoir calciné la raclure de ce minéral pour la priver de son eau, on réduisit en poudre et on fit fondre avec quatre fois son poids de carbonate de soude sec et pulvérisé (1). Après le refroidissement, le verre opaque obtenu fut attaqué et dissous dans de l'acide chlorhydrique étendu ; la dissolution contenant des flocons de silice fut soumise à l'évaporation, puis on réduisit à siccité, on chauffa de manière à faire passer la silice dans sa modification insoluble ; on reprit par de l'acide chlorhydrique étendu, on précipita le liquide filtré par de l'ammoniaque pure.

Le minéral ne renfermant que des traces de fer, le précipité d'alumine fut considéré comme pur.

Le liquide de la filtration fut ensuite traité par l'oxalate d'ammoniaque qui précipita la chaux. Celle-ci a été dosée à l'état de sulfate, c'est probablement sous cette forme qu'elle est contenue dans le minéral.

Voici le résultat de l'analyse du minéral calciné et sec :

Silice	64,57	
Alumine	29,29	
Sulfate de chaux	5,61	(CaO = 2,30)
Potasse, magnésie, fer, chlore et perte.	0,63	
	100,00	

En faisant intervenir les 37 p. 100 d'eau constatés ci-dessus, nous obtenons :

Eau	37,00	
Silice	40,61	
Alumine	18,45	
Sulfate de chaux	3,53	(CaO = 1,40)
Potasse, magnésie, etc.	0,41	
	100,00	

(1) Afin de l'avoir pur, on l'a préparé tout exprès avec du bicarbonate de soude, non pas avec du bicarbonate du commerce qui, comme celui de Vichy, renferme à l'état d'impuretés les substances salines que l'eau minérale contient elle-même, mais avec du bicarbonate obtenu, dans mon laboratoire, avec du carbonate de soude qui était déjà passablement pur.

100,00

Ce qui conduit à la formule



$Al^2O^3, 3 SiO^3 + 12 HO.$

On connaît plusieurs minéraux qui or
avec celui qui est l'objet de cette note.
singault, Malaguti, Salvétat et Dufrénoy
naître des espèces; aucun cependant ne
que celui de Plombières, aucun non plus
et l'alumine dans le rapport indiqué par

On ne serait donc pas désigner suffisam
de Plombières que de se borner à le rang
des halloysites. Aussi je propose de l'app
consacrer ainsi le nom de *pierre à savon*
qui est depuis si longtemps connu dans la c
par les historiens.

Laboratoire de Saint-Ét

TRAVAUX DE M. LAN,

Ingénieur des mines, professeur à l'École des mi

I. *Recherches sur la composition de*
aux diverses hauteur d'un

En étudiant les diverses transformations

produire dans un bain de fonte la liquidation qu'on observe dans beaucoup d'alliages métalliques, pendant leur fusion d'abord et, postérieurement, pendant le refroidissement ?

Je n'étais pas le premier, du reste, à penser qu'il en pouvait être ainsi.

Je trouve, en effet, dans les notes de M. Durocher sur l'exploitation des usines dans le nord de l'Europe, l'aperçu suivant sur le même sujet : « *Souvent on donne à la tuyère une inclinaison de quelques degrés, qui paraît utile pour produire un commencement de décarburation, et, en même temps, scorifier les principes impurs, tels que le phosphore, l'arsenic, le soufre, le silicium et les métaux terreux qui, étant moins denses que le fer, tendent à se concentrer à la surface.* »

J'ai voulu vérifier ce que cette hypothèse pouvait avoir de fondé.

J'ai analysé successivement les fontes de *Terre-Noire*, de *Givors*, de l'*Horme*, c'est-à-dire les diverses variétés de ces produits obtenues dans le bassin de la Loire, et, par le fait, des fontes provenant des principales sortes d'allures : *allure froide*, *allure intermédiaire*, *allure chaude*.

1° Fontes de Terre-Noire.

Le seul haut-fourneau aujourd'hui en activité à Terre-Noire marche ordinairement en fonte d'affinage, traitant un mélange de *minerai de l'Ardèche* (La Voulte et Privas), *de minerai calcaire du Doubs* et de *l'Ain*, et *de minerai des houillères de Saint-Étienne*.

Le jour où j'ai recueilli une première série d'échantillons, l'allure était un peu froide, le laitier noir et la fonte blanche, à très-petites lames et légèrement caverneuse. — Dans le canal de coulée, allant de la dame à la lingotière qui reçoit toute la production d'un poste de 12 heures, j'ai fait puiser à la cuillère, sur le même point du canal, six prises, dont le n° 1 correspondait ainsi à la couche inférieure du bain contenu dans le creuset et le n° 6 à la couche la plus élevée.

Voici les résultats de l'analyse de ces six échantillons pour *carbone*, *soufre* et *silicium*.

	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.	n° 6.	
Carbone. . .	2,900	2,000	2,600	2,800	3,000	3,200	(1)
Silicium. . .	{ 2,705 / 2,588 }	2,773	2,585	2,650	2,680	{ 2,705 / 2,720 }	
Soufre. . . .	0,90	0,45	0,60	0,60	0,73	{ 0,80 / 0,90 }	

l'allure était plus chaude, le laitier tou
la fonte blanche, même un peu lam
fluide à la coulée.

Trois échantillons, correspondant a
à celle de la demi-hauteur du creuset,
là ; voici les résultats de mes recherch
carbone, *soufre*, *silicium* et *phospho*
ment des traces d'arsenic et des propo
taux terreux et notamment d'aluminiu
éléments, la recherche des quatre pr
que je me proposais) :

	n° 1.
Carbone.	3,00
Silicium.	3,12
Soufre.	1,30
Phosphore.	0,285

Ces résultats [2] concordent donc av
pour montrer *qu'au moins en fonte bla*
régularité dans la distribution des imp
la fonte, et qu'elle ne paraît pas se liqua
haut-fourneau, par couches de diverses

Cependant, à cause du mode même de
Noire: coulée à très-gros jet pour affinag
que la sortie de la fonte ne s'effectuât p
creuset, et, par suite, sans mélange de
rentes et séparées, à l'état de repos.
m'adressai à MM. Prenat à Givors, don

[redacted]

de chaux. Les minerais passés, à l'exception du minerai des houillères qui n'entre pas dans les charges de Givors, sont les mêmes qu'à Terre-Noire : on passe toutefois à Givors des proportions variables de minerai de l'île d'Elbe.

Le n° 1, qui occupait le point le plus bas du Creuset, était *une fonte blanche sublamelleuse ;* le n° 2, au contraire, *fonte grise grenue*, occupait le point le plus élevé.

Cette première différence, déjà constatée d'ailleurs dans plusieurs fonderies au coke des bassins du Rhône et de la Loire, semble concorder avec les observations faites il y a déjà longtemps, dans les fonderies de fonte à acier du Rhin, par M. Stengel (voyez *Annales des mines*, 1828, t. IV, p. 245). — *Cet auteur remarque, en effet, que dans la fonte rubanée, la partie blanche est toujours au-dessous, tandis que la bande grise occupe la partie supérieure des masseaux.*

M. Stengel ajoute que les fontes blanches et grises *existent ensemble dans le creuset du haut-fourneau* et qu'elles se séparent l'une de l'autre *soit dans le creuset même, soit dans la fosse où on les coule ;* cette séparation serait uniquement due à leurs différences de pesanteurs spécifiques. (La fonte blanche lamelleuse ayant une densité de 7,68 à 7,70, et la fonte grise 7 à 7,10.)

Voici les proportions de *carbone, soufre, silicium, phosphore* et *manganèse* que j'ai trouvées dans les n°s 1 et 2 de Givors :

	n° 1.		n° 2.
Carbone.	5,750	p. 100	4,000
Silicium	3,640		3,200
Soufre	0,496		0,480
Phosphore.	1,758		1,482
Manganèse.	0,700		0,210

N. B. La teneur en phosphore est très-élevée, mais je rappelle que ces hauts-fourneaux marchent souvent en moulages fins et qu'on recherche, parmi les minerais calcaires, ceux réputés comme les plus phosphoreux, qui donnent les fontes les plus fluides.

Ici, l'on observera des différences de composition entre les fontes du dessus et du dessous du bain contenu dans le creuset du haut-fourneau ; elles sont peu considérables, il est vrai, mais assez grandes pourtant, au moins en ce qui regarde le *carbone*, le *silicium* et le *manganèse*, pour qu'on ne puisse pas les attribuer à des erreurs d'analyse.

Ce qui frappe avant tout, dans ces résultats, c'est que paraissant confirmer l'hypothèse d'une séparation intérieure des

Les trois échantillons étaient d'un gris foncé, même un peu graphiteux :

	n° 1 (*).	n° 2.	n° 3.
Carbone.....	3,500	4,000	4,00
Silicium.....	4,460	3,844	4,565
Soufre......	0,419	0,413	0,344
Phosphore....	0,235	non dosé.	0,285

(*) Début de la coulée.

Ainsi, dans le cas où la fonte doit être le plus liquide et le mieux se prêter à une liquation des parties d'inégale densité, nous n'apercevons rien qui témoigne même d'une tendance quelconque à cette séparation (1).

Dans les divers cas précédents, je considérais la fonte à l'état liquide. Mais remarquant que bien souvent le sulfure de fer se sépare à l'état cristallin, pendant le refroidissement des fontes et surtout de certaines fontes blanches, il m'a semblé intéressant de rechercher si la séparation en zones de différentes puretés ne se produirait pas dans un bain de fonte d'une certaine hauteur, soumis à un refroidissement lent.

Chacun connaît le fait de la séparation de la silice pendant le refroidissement de certaines fontes grises très-chaudes : des dépôts assez abondants de cette matière tapissent notamment les cavités que le retrait occasionne dans les angles intérieurs des coussinets et donnent lieu, dans cette fabrication, à de nombreux rebuts.

On a cru remarquer dans ces derniers temps, aux hauts-fourneaux de l'Horme, que si, au lieu de couler la fonte chaude, telle qu'elle sort du fourneau, dans les moules de coussinets, on la laisse d'abord un peu refroidir, l'expulsion de la silice au moulage est beaucoup moins fréquente. Il semble donc que le mode et la durée du refroidissement aient une certaine influence non-seulement sur la répartition du carbone, mais encore sur celle des autres éléments.

Grâce à l'obligeance de M. Marin, directeur de l'Horme, et de M. Bourgues, ingénieur des hauts-fourneaux, j'ai pu faire l'expérience suivante :

Dans une poche de $0^m,35$ de profondeur, de $0^m,25$ de diamètre

(1) Les diverses analyses qui précèdent vérifient une fois de plus ce qui a été souvent constaté, c'est-à-dire l'accroissement de la teneur en silicium et la diminution de la teneur en soufre quand de l'allure froide on passe à l'allure chaude, les lits de fusion restant d'ailleurs, comme c'est le cas ici, sensiblement comparables.

procédé m'a donné des résultats très-inégaux, à cause de la difficulté de régulariser assez le courant de gaz de manière à absorber convenablement l'acide carbonique par les tubes à potasse qui terminent l'appareil. J'ai constaté aussi que quand, pour éviter cet inconvénient, on fait arriver lentement le courant d'oxygène, on obtient des teneurs très-sensiblement inférieures à celles accusées par les divers autres procédés : il serait bien possible qu'il se produisît alors une certaine quantité d'oxyde de carbone qui échapperait à l'action absorbante de la potasse. J'ai trouvé, au contraire, beaucoup plus de constance dans les résultats par l'attaque de la fonte au chlore sec. La fonte était versée dans une petite nacelle en verre, au poids de 2 ou 3 grammes, et la nacelle disposée dans un tube de verre préalablement chauffé et parfaitement desséché. Ce tube, placé sur une grille, recevait d'un côté un courant de chlore aussi complétement sec que possible, et de l'autre plongeait par une légère courbure dans un flacon contenant une dissolution concentrée et chaude de potasse. Quand le courant de chlore avait passé à froid pendant quelque temps, on chauffait progressivement le tube et la nacelle au rouge sombre et vers la fin au rouge vif, de manière à volatiliser tout le chlorure de fer. Le carbone reste dans la nacelle avec quelques traces de silice. Dans la dissolution potassique, les chlorures de soufre, de phosphore et de silicium amenaient la presque totalité du *silicium*, du *soufre* et du *phosphore* qu'on y séparait comme d'ordinaire.

2° *Manganèse*. — Attaque à l'eau régale. Précipitation de fer par le succinate d'ammoniaque et dosage du manganèse dans la liqueur par les procédés ordinaires.

3° *Silicium*. — Attaque à l'eau régale. Évaporation à sec. Reprise du résidu au carbonate de soude, par voie sèche. On vérifiait ainsi les dosages au chlore.

4° *Dosage direct du soufre et du phosphore*. — Attaque par l'eau régale. Évaporation avec addition de carbonate de soude et fusion du résidu au carbonate de soude. Reprise par l'acide chlorhydrique et après enlèvement de la silice, dosage successif des acides sulfurique et phosphorique comme à l'ordinaire; enfin, la plupart des dosages pour soufre ont été faits une troisième fois par l'attaque à l'eau régale et par le chlorure de barium.

Cette houille provient d'une couche déc
de temps. La calcination au creuset a donn
bien fondu, il y a eu dégagement d'une long
inciné a donné 17,5 p. 100 de cendres gr
pond à 12,25 sur la houille.

Des expériences ont été faites pour déter
gaz donné par cette houille, et son pouv
cela, 100 grammes ont été introduits rapide
en porcelaine préalablement chauffé au
l'opération en grand, et les gaz ont été recu
mètre pendant que l'eau et les huiles se con
récipient ; le volume de gaz a été de 37 litr
pour 1 kilogramme. L'eau et les huiles aya
semble et le poids des gaz ayant été obten
la composition de cette houille se trouve :

70	coke	Carbone fixe. . . .	
		Cendres	
30	matières volatiles	Eau et huiles . . .	
		Gaz par différenc	

Le gaz obtenu brûlait avec une flamme
éclairante ; en comparant cette flamme, au
mètre, avec celle du gaz d'éclairage de la vil
possible d'obtenir un rapport certain, teller
entre les deux pouvoirs éclairants était con
gaz d'éclairage étant obtenu dans des circons
de celles [illegible]

Houille du puits Saint-Blaise (près d'Autun).

100 parties de houille contiennent :

74	coke	Carbone	67,7
		Cendres	6,3
26	matières volatiles		26,0
100			100,0

Le coke est bien fondu dur et compacte.

Houille de Montcel (Ricamarie).

Coke	62,50 p. 100
Gaz	392 litres pour 1 kilog.

Le pouvoir éclairant de ce gaz est à celui produit par la houille de Montrambert :: 3 : 4.

RECHERCHES

SUR LES FORMES CRISTALLINES ET LA COMPOSITION CHIMIQUE DE DIVERS SELS.

Par M. C. MARIGNAC, ingénieur des mines, professeur à l'Académie de Genève.

TROISIÈME MÉMOIRE (1).

FLUORURE AMMONIQUE : AzH^4Fl.

Lorsqu'on laisse évaporer, sous une cloche contenant de la chaux vive, de l'acide fluorhydrique sursaturé d'ammoniaque, on obtient le fluorure ammonique neutre sous la forme de lames hexagonales ou de prismes hexagonaux. Préparat[ion]

Mais ces cristaux sont très-minces, extrêmement fragiles ; ceux qui offrent la forme prismatique sont toujours creux à l'intérieur et se brisent dès qu'on essaye de les fixer au goniomètre. Ils sont d'ailleurs assez déliquescents, en sorte qu'il m'a été impossible d'en déterminer exactement la forme.

0,837 ont donné par l'ébullition avec du chlorure de calcium 0,849 de fluorure de calcium = 0,4136 de fluor ou 49,41 p. 100. Analy[se]

		Calculé.	Trouvé.
AzH^4	18	48,65	»
Fl.	19	51,35	49,41
	37	100,00	

(1) J'ai exposé dans mon premier mémoire (*Annales des mines*, 5e série, t. IX) la signification des symboles que j'emploie dans les descriptions cristallographiques.

plus souvent que le prisme carré terminé par une base perpendiculaire à l'axe. Quelquefois seulement, les arêtes verticales sont tronquées par les faces du second prisme carré faisant, avec celles du premier, des angles de 135° exactement.

Quelquefois les cristaux sont raccourcis et la forme paraît cubique, mais il est facile de constater qu'ils jouissent de la double réfraction. Je n'ai pu l'observer que dans le sens transversal, les cristaux étant trop petits et trop fragiles pour qu'il m'ait été possible d'en tailler une lame offrant deux faces parallèles aux bases; je n'ai donc pas pu constater s'il n'y avait qu'un axe de double réfraction. Double réfraction

Chauffé sur une lame de platine, il ne fond pas, mais se volatilise en laissant une trace de silice.

Sa dissolution ne donne aucune effervescence immédiate par l'addition de carbonate d'ammoniaque, preuve de l'absence d'acide fluorhydrique. Au bout de quelques instants seulement on voit se dégager des bulles gazeuses et se séparer de la silice gélatineuse.

1,5 ont donné après ébullition avec du carbonate d'ammoniaque 0,392 de silice = 0,1829 de silicium, soit 12,19 p. 100. La liqueur a été précipitée ensuite par le chlorure de calcium et soumise à une ébullition prolongée pour redissoudre le carbonate de chaux, on a obtenu 1,910 de fluorure calcique = 0.9305 de fluor ou 62,03 p. 100. Analyse

0,521 dissous dans l'eau et évaporés à siccité à une douce chaleur avec un petit excès d'acide fluosilicique, ont laissé 0,674 de fluosilicate ammonique, contenant 0,1363 d'ammonium, ou 26,16 p. 100.

2 grammes ont été mêlés avec un très-léger excès de chlorure de baryum, on a ajouté à la liqueur de l'alcool; le précipité a été lavé avec de l'eau alcoolisée,

FLUOSTANNATE BIAMMONIQUE : $2AzH^4Fl, SnFl^2$.

Prisme rhomboïdal droit. Forme primitive.

Cristaux prismatiques très-nets; le prisme rhomboïdal MM est terminé par le biseau *ee* sur les angles aigus. Plus rarement on observe de très-petites faces *a* peu nettes sur les angles obtus (Pl. I, *fig.* 4).

On rencontre fréquemment aussi des cristaux mâclés parallèlement à une face (*e*) (*fig.* 5) offrant l'apparence de tables triangulaires. Deux faces *e* y forment antérieurement un angle saillant, et par derrière un angle rentrant de 176° 44'.

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
M — M =	96° 6' *	96° 6	M : *a* =	124° 4'	125° 40'?
e ∧ *e* =	88 22 *	88 22	M : *e* =	61 21	61 24
a ∧ *a* =	82 17	»	*a* : *e* =	117 17	116 ?

1,427 calcinés avec de l'acide sulfurique ont laissé 0,628 d'acide stannique correspondant à 0,4940 d'étain, soit 34,62 p. 100. Analyse.

1,5 traités par le carbonate d'ammoniaque, puis par le chlorure de calcium, ont donné :

Acide stannique. . . 0,649 = Étain. . . 0,5105 = 34,03 p. 100.
Fluorure calcique. . 1,424 = Fluor. . . 0,6937 = 46,24 p. 100.

Ce sel laisse dégager, déjà avant 100 degrés, des vapeurs de fluorure ammonique. Sa dissolution ne donne aucune effervescence immédiate par l'addition de carbonate d'ammoniaque.

		Calculé.	Trouvé.	
$2AzH^4$. . . .	36	21,05	»	»
Sn.	59	34,50	34,03	34,62
4Fl.	76	44,45	46,24	»
	171	100,00		

Ce sel se prépare facilement en ajoutant de l'ammoniaque et de l'acide fluorhydrique à une dissolution du fluostannate précédent.

Ce sel ne perd rien de son poids à 100 degrés.

		Calculé.	Trouvé.
AzH^4......	18,0	18,09	»
Ti.......	24,5	24,62	23,41
3Fl.......	57,0	57,29	58,14
	99,5	100,00	

La préparation de ce sel au moyen d'une dissolution d'acide titanique dans l'acide fluorhydrique, à laquelle on ajoute de l'ammoniaque, ne présente aucune difficulté. Il en est de même de celle des autres fluotitanates, sur laquelle je ne reviendrai pas.

FLUOTITANATE SESQUIAMMONIQUE : $3AzT^4Fl, 2TiFl^2$.

Prisme carré. Forme primi[tive]

Ce sel se présente en prismes carrés terminés par une base perpendiculaire à l'axe et ne portant aucune modification, en sorte qu'on pourrait également les rapporter à un prisme rectangulaire.

Une fois seulement j'ai obtenu de très-petits cristaux offrant toute l'apparence de cubes tronqués à la fois par les faces de l'octaèdre et par celles du dodécaèdre rhomboïdal. Malheureusement ils s'effleurissent peu à peu à l'air, en sorte que je n'ai pu les mesurer avec une parfaite précision. J'ai constaté seulement que tous leurs angles s'accordent à 20 ou 30 minutes près, au plus, avec ceux de cristaux du système régulier. Mais ces cristaux jouissent de la double réfraction; je n'ai pas réussi à reconnaître s'ils offrent un ou deux axes de double réfraction.

Ce sel paraît en tous cas parfaitement isomorphe avec le fluosilicate sesqui-ammonique.

0,200 (cristaux prismatiques) ont donné, par l'addition d'ammoniaque, 0,066 d'acide titanique = 0,0399 de titane = 19,95 p. 100. Analyse

avec une grande probabilité par celle du fluotitanate de potasse qui lui ressemble excessivement.

Tantôt il se forme au contraire des cristaux grenus, durs, de forme octaédrique, très-brillants.

D'après leur aspect, je désignerai ces deux sels, dont la composition est parfaitement identique, par les noms de sel lamellaire et de sel octaédrique.

Le sel lamellaire se dissout dans 2,3 fois son poids d'eau bouillante et dans 15 à 16 fois son poids d'eau à 18 degrés. Solubilité

Le sel octaédrique exige 3 fois son poids d'eau bouillante et 27 fois son poids d'eau à 18 degrés.

La forme octaédrique est parfaitement stable; elle se reproduit toujours, bien que le sel ait été soumis à une ébullition ou à l'évaporation à siccité, ou même à une calcination modérée. Mais si l'on ajoute à sa dissolution une goutte de potasse caustique qui n'y détermine qu'un précipité qui disparaît par l'agitation, la liqueur donne, après concentration, des cristaux lamellaires. Passage d'une forme à l'autre

La forme lamellaire est moins stable. Il m'est arrivé cependant de pouvoir redissoudre ces cristaux dans l'eau bouillante et les faire recristalliser jusqu'à trois fois sans qu'ils changent d'état. Plus souvent cependant ils passent à la forme octaédrique, surtout par la seule digestion à une douce chaleur avec une quantité d'eau insuffisante pour les dissoudre complétement. Dans tous les cas cette transformation est toujours facilement déterminée par l'addition d'une goutte d'acide fluorhydrique. Lorsqu'on transforme le sel lamellaire en sel octaédrique par l'action seule de l'eau, il cristallise jusqu'à la dernière goutte en cristaux octaédriques très-purs.

1g,500 ont donné : eau, 0,092 = 6,13 p. 100.

Acide stannique. . . . . 0,679 = Étain. . . . 0,5342 = 35,61
Sulfate de potasse. . . . 0,787 = Potassium. . 0,3528 = 23,52

1,500 ont produit : eau, 0,085 = 5,66 p. 100.

Acide stannique. . . . . 0,685 = Étain. . . . 0,5389 = 35,92
Sulfate de potasse. . . . 0,760 = Potassium. . 0,3407 = 22,71

(B) *Sel lamellaire*, 1,500 : eau, 5,20 à 5,35 p. 100.

Acide stannique. . . . . 0,691 = Étain. . . . 0,5436 = 36,24
Sulfate de potasse. . . . 0,795 = Potassium. . 0,3564 = 23,76

1 gramme traité par l'ammoniaque, puis par le chlorure de calcium a donné :

Acide stannique. . . . . . . 0,463 = Étain. 0,3642
Fluorure calcique. . . . . . 0,654 = Fluor. 0,3354

		Calculé.	Cristaux octaédriques.		Cristaux lamellaires.	
K. . . .	39	23,78	23,52	22,71	23,76	»
Sn. . . .	59	35,97	35,61	35,92	36,24	36,42
3Fl. . . .	57	34,76	»	»	»	33,54
Aq. . . .	9	5,49	6,13	5,66	5,20	5,35
	164	100,00				

Ce sel s'obtient avec la plus grande facilité en neutralisant par l'acide fluorhydrique une dissolution de stannate de potasse. Je n'ai pas réussi, en évaporant sa dissolution à une température élevée, à obtenir le sel anhydre pour comparer sa forme à celle du fluosilicate de potasse. Préparati

FLUOSTANNATE SESQUIPOTASSIQUE ACIDE : $3KFl, HFl, 2SnFl^2$.

Prisme rhomboïdal oblique.

Cristaux prismatiques très-déliés, presque aciculaires, mais très-nets. Ils sont formés d'un prisme M, tronqué latéralement par les faces E, et terminé par le biseau $\mu\mu$ sur les arêtes inférieures. On y trouve plus Forme pri

presque complétement d'une dissolution renfermant un excès de fluorure de potassium. On obtient cependant à la fin, par la concentration des eaux mères, des cristaux d'un sel différent, en lamelles entre-croisées, mais tellement incrustées de petits cristaux cubiques de fluosilicate ordinaire qu'il ne m'a pas paru possible de les isoler pour en faire l'analyse, ni d'en déterminer la forme.

Fluotitanate de potasse : $KFl, TiFl^2 + Aq$.

Prisme rhomboïdal oblique.

Forme pri[mitive].

Ce sel ressemble tout à fait au fluostannate lamellaire; seulement on réussit, par le refroidissement lent d'une dissolution peu concentrée, à obtenir des cristaux dont la forme peut être déterminée.

Ce sont des lames généralement octogones, excessivement minces, essentiellement formées d'une large base P, d'un prisme rhomboïdal M presque rectangulaire, et du prisme rectangulaire AE. On y trouve encore ordinairement les facettes *e* comprises entre la base et les faces latérales et assez nettes. Enfin des miroitements peu distincts indiquent parfois l'existence des faces $m^{1/2}$, $\mu^{2/3}$ et $\alpha^{1/2}$ (*fig.* 8).

	Calculé.		Observé.		Calculé.		Observé.
M—M =	91° 6'	*	91° 6'	P : *e* =	115° 40'	*	115° 40'
M : A =	135 33		135 30	P : E =	90 0		90 0
M : E =	45 33		45 30	P : A =	98 42		98 40
P : $m^{1/2}$ =	128 14		128 env.	P : $\alpha^{1/2}$ =	51 19		50 env
P : M =	96 12	*	96 12	M : *e* =	132 41		132 38
P : $\mu^{2/3}$ =	68 15		68 50 ?	M : *e'* =	125 46		125 54

0,732 traités par l'ammoniaque, puis par le chlorure de calcium, ont donné : Analyse.

Eau chassée à 100 degrés. . . . . 0,046 = 6,28 p. 100
Acide titanique. . . . 0,241 = Titane. . . . 0,1458 = 19,92
Fluorure calcique. . . 0,674 = Fluor. . . . . 0,3284 = 44,86

dant, ne pouvant la déterminer plus rigoureusement, j'ai calculé les angles dans cette hypothèse.

	Calculé.	Observé.
{ R — R = ...	78° 0' *	78° environ.
{ R : $S^{1/2}$ = ...	129 0	128 50' à...... 129° 50'
$S^{1/2}$ — $S^{1/2}$ = ...	103 44	103 à...... 104
{ S^2 — S^2 = ...	65 30	65 à...... 66
{ S^2 : R = ...	122 45	122 à...... 123
{ P : $S^{1/2}$ = ...	134 31	133 à...... 135
{ P : $S^{1/2}$ = ...	121 35	121 à...... 122
{ P : S^2 = ...	103 49	103 à...... 105
{ P : R = ...	63 49	63 30 à...... 64

J'ai obtenu ce sel par l'évaporation d'eaux mères provenant d'une préparation de fluorure de sodium avec de l'acide fluorhydrique contenant un peu d'acide sulfurique. Malgré la grande différence de solubilité des deux sels qui le composent, il est parfaitement stable; on peut le redissoudre dans l'eau pure, il cristallise de nouveau par le refroidissement de la dissolution. Préparati

Chauffé, il décrépite, puis il fond au rouge sans perdre autre chose qu'une trace d'eau hygrométrique.

Décomposé par l'acide sulfurique et fortement calciné, il laisse en moyenne 115,5 p. 100 de sulfate de soude, ce qui correspond à 22,45 de fluorure de sodium uni à 77,55 de sulfate. La formule NaFl + 2(NaO, SO^3) exige 22,83 p. 100 de fluorure. Analyse

FLUOSTANNATE DE SOUDE : NaFl, $SnFl^2$.

Je n'ai jamais pu obtenir ce sel en cristaux déterminables. Soit par le refroidissement lent, soit par l'évaporation spontanée, dans des liqueurs neutres comme en présence d'un excès d'acide, je ne l'ai jamais obtenu que sous la forme de croûtes grenues ou mamelonnées, hérissées, il est vrai, de pointements cristallins, mais où il est impossible de rien discerner. Probablem isomorph avec le fluosilic

ments, ils restent tout à fait indistincts. Le fait me paraît suffire cependant pour établir l'isomorphisme de ce sel avec le fluosilicate de soude, dont les prismes hexagonaux ne sont eux-mêmes que rarement terminés par un pointement distinct.

Il est anhydre comme le précédent. [Analyse

1 gramme précipité par l'ammoniaque a donné 0,391 d'acide titanique correspondant à 0,2365 de titane.

1,318 traités par l'acide sulfurique :

Acide titanique. .	0,501	= Titane. .	0,3031	=	22,99 p. 100
Sulfate de soude.	0,891	= Sodium .	0,2886	=	21,89 p. 100

0,394 d'un dépôt grenu, non cristallin, traités de même :

Acide titanique. .	0,152	= Titane. .	0,0919	=	23,34 p. 100
Sulfate de soude.	0,265	= Sodium .	0,0858	=	21,78 p. 100

		Calculé.		Trouvé.	
Na. . . .	23,0	22,01	»	21,89	21,78
Ti. . . .	24,5	23,45	23,65	22,99	23,34
3Fl. . . .	57,0	54,54			
	104,5	100,00			

FLUOTITANATE SESQUISODIQUE ACIDE : $3NaFl, HFl, 2TiFl^2$.

Prisme rhomboïdal droit. Forme prim

Ce sel se présente en petits cristaux très-éclatants et très-nets, offrant l'apparence de prismes hexagonaux basés et bordés par une facette sur toutes les arêtes des bases. Ils résultent en réalité du prisme rhomboïdal M, tronqué latéralement par les faces E et dont la base P est bordée par les facettes *m* et e^2 (Pl. I, *fig.* 10) :

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
M — M =	125° 20′	* 125° 20′	M : *m* =	135° 26′	135° 30′
M : E =	117 20	117 20	M : P =	90 0	90 0
E : e^2 =	133 0	* 133 0	E : *m* =	109 6	109 5
E : P =	90 0	90 0	*m* — *m* =	141 48	141 48
m ‿ *m* =	101 28	101 10			

Fluosilicate de lithine : LiFl, $SiFl^2 + 2Aq$.

Prisme rhomboïdal oblique. Forme primi[tive]

Ce sel cristallise facilement en beaux cristaux assez volumineux. Ils sont assez éclatants, mais s'effleurissent peu à peu, quoique lentement, au contact de l'air. Toutefois, presque toutes leurs faces sont ou un peu courbes, ou à doubles images, en sorte que les angles ne peuvent en être mesurés avec une parfaite précision.

Ils se composent du prisme M avec la base oblique P, et portent comme facettes subordonnées, assez nettes, mais très-petites, les faces : *a* sur l'angle antérieur, α et $\alpha^{1/3}$ sur l'angle postérieur, *e* sur les angles latéraux (Pl. I, *fig.* 11).

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
M — M =	83° 38′	83° 56′	P : *e* =	117° 40°	* 117° 40′
P : M =	108 14	108 0	*e*∧*e* =	55 20	55 15
P : *a* =	139 42	140 0	α : M =	122 50	123
P : (MM) =	118 0		α : *e* =	86 56	86 40
P : α =	83 24	* 83 24	M : *e′* =	120 59	121
P : $\alpha^{1/3}$ =	35 20	* 35 20	*e* : $\alpha^{1/3}$ =	112 15	112 18
M : $\alpha^{1/3}$ =	94 53	95 0			

Ces cristaux offrent un clivage assez net suivant α, et un autre moins facile, suivant la base P. Clivages.

Ce sel perd son eau de cristallisation à 100 degrés ; il peut encore après cela se redissoudre dans l'eau sans laisser de résidu, et reproduit les cristaux primitifs. Par l'évaporation de sa dissolution à une température élevée, il se dépose un sel en croûtes cristallines indéterminables, qui est probablement moins hydraté ou anhydre. Propriétés.

Suivant Berzélius, ce fluosilicate serait extrêmement peu soluble dans l'eau, et difficile à décomposer par la calcination. Mes observations ne s'accordent pas avec

[redacted]

Parfois, on obtient des cristaux un peu mieux formés, assez éclatants, mais ils sont toujours très-petits et maclés d'une manière très-compliquée. Ainsi toutes les faces présentent des images multiples, les angles demeurent assez incertains, et il reste beaucoup de doute sur le système de cristallisation.

Les cristaux les plus nets paraissent ne porter que deux espèces de faces : les faces M d'un prisme rhomboïdal presque carré et les faces μ tronquant les arêtes inférieures. Mais on ne voit que la partie inférieure de chaque cristal, attendu qu'ils sont toujours maclés suivant la base (*fig.* 12), d'où résulte un angle rentrant de 169° entre les faces M et M'.

Le cristal hémitrope ainsi formé se termine par derrière en coin et se lie par une suture presque linéaire à la partie postérieure d'un autre cristal offrant la même conformation (*fig.* 13). Les faces comprises dans les angles rentrants entre ces deux cristaux n'ont aucune netteté, en sorte qu'il est impossible de vérifier si elles sont bien parallèles aux faces prismatiques antérieures.

Je crois de plus que chacun des cristaux que j'ai indiqués jusqu'ici comme simples est lui-même maclé suivant un plan diagonal E, en sorte que le cristal complet (*fig.* 13) serait composé de huit segments, dont chacun ne porterait que trois faces M, μ, M, dont la dernière n'offre aucune netteté. Ainsi la forme primitive reste fort incertaine.

Je rapporte toutefois les angles observés approximativement, comparés aux angles calculés dans l'hypothèse d'un prisme rhomboïdal oblique.

barium insoluble. En effet, tant qu'il y a du stannate de baryte en excès, il tend à décomposer par sa baryte une partie du fluostannate déjà formé, et d'autre part l'acide fluorhydrique, mis en excès, décompose aussi ce fluostannate en en précipitant le fluorure de barium.

On peut encore le préparer par double décomposition au moyen du fluostannate de potasse et du chlorure de barium. Le fluostannate de baryte étant très-peu soluble se précipite. Cependant, comme le fluostannate de potasse est lui-même fort peu soluble, il faut des lavages prolongés pour obtenir un produit pur, et dans ce cas on en perd beaucoup.

Le mieux est de le préparer par double décomposition au moyen du chlorure de barium et d'un fluostannate très-soluble, comme celui de zinc, dont la préparation est très-facile.

Lorsque ce sel cristallise lentement par le refroidissement d'une dissolution peu concentrée ou par l'évaporation spontanée, il forme des lamelles cristallines contenant de l'eau de cristallisation. Sel hydra

Lorsqu'au contraire il se dépose par une évaporation rapide à une température voisine de l'ébullition, il est anhydre, en cristaux microscopiques, ressemblant au fluosilicate de baryte. Mais il m'a été impossible d'en déterminer la forme. Sel anhyd

1 gramme a été décomposé par le carbonate de soude, le résidu bouilli avec de l'acide azotique a laissé $0^{g},405$ d'acide stannique, contenant 0,3186 d'étain. La liqueur précipitée par l'acide sulfurique a donné $0^{g},625$ de sulfate de baryte, correspondant à $0^{g},3673$ de barium. Analyse

		Calculé.	Trouvé.
Ba.	68,5	37,13	36,73
Sn.	59,0	31,98	31,86
3Fl.	57,0	30,89	»
	184,5	100.00	

Sa solubilité, déterminée par l'évaporation à siccité d'une dissolution de sel pur dont une partie s'était déjà déposée en cristaux, a été trouvée de 1 partie de sel hydraté pour 18 d'eau à 18°. Solubil

FLUOSILICATE DE STRONTIANE : $SrFl, SiFl^2 + 2Aq$.

Prisme rhomboïdal oblique. Forme pri

Très-petits cristaux, ne présentant le plus souvent que le prisme M et la base oblique P. Quelquefois cependant le sommet est dièdre, par suite de l'existence d'une face α sur l'angle postérieur (*fig.* 15).

Les faces du prisme sont un peu striées longitudinalement, les angles ne peuvent être très-exacts.

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
M — M =	84° 16′	83° à 86°	P ∧ a =	123° 0′	123° 0′
P : M =	103 30	* 103 30′	P : (MM) =	110 22	»
M : α =	113 36	* 113 36	α : (MM) =	126 38	»

Angle plan de la base. . . . . . 80° 36.

Il se dissout dans l'eau froide sans laisser de résidu, mais la dissolution se trouble légérement par l'ébullition et laisse déposer un peu de fluorure de strontium.

1g,217 ont laisssé par calcination 0,5725 de fluorure de strontium = 47,04 p. 100, correspondant à 32,80 de strontium. Pour m'assurer que la décomposition était bien complète, j'ai décomposé ce résidu par l'acide sulfurique et calciné; j'ai obtenu 0,841 de sulfate contenant 0,401 de strontium, soit 32,95 p. 100. Analy

0,863 précipités par le sulfate d'ammoniaque ont donné 0,534 de sulfate de strontiane correspondant à 0,2546 de strontium. Puis on a précipité par le carbonate d'ammoniaque; le précipité contenait un peu de carbonate de strontiane, on l'a enlevé par l'acide chlorhydrique. On a obtenu ainsi 0,186 de silice = 0,0868 de silicium ou 10,06 p. 100, et 0,036 de car-

furique, a laissé le sulfate de strontiane. On a obtenu ainsi :

Sulfate de strontiane. 0,100 = Strontium. 0,0477 = 25,00 p. 100
Acide stannique. . . 0,0794 = Étain. . . . 0,0624 = 32,75 p. 100

		Calculé.	Trouvé.
Sr.	43,75	24,61	25,00
Sn.	59,00	33,19	32,75
3Fl.	57,00	32,07	
2Aq.	18,00	10,13	
	177,75	100,00	

FLUOTITANATE DE STRONTIANE : SrFl, $TiFl^2 + 2Aq$.

Prisme rhomboïdal oblique. Forme primit

Cristaux très-petits, mais très-éclatants, présentant identiquement la même forme que le fluosilicate (Pl. I, *fig.* 15).

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
M—M =	83° 14	* 83° 14′	P ∧ α =	123° 40′	123° 48′
P : M =	103 50	* 103 50	P : (MM) =	111 6	
M : α =	112 32	* 112 32	α : (MM) =	125 14	

Angle plan de la base. . . . . . 79° 18′.

Il ne perd rien à 100 degrés. A une température plus élevée, il laisse dégager de l'eau et de l'acide fluorhydrique. Il se dissout bien dans l'eau froide, mais se trouble légèrement à l'ébullition.

Analyse. 1g,702 calcinés avec de l'acide sulfurique ont laissé 1,566 = 92,01 p. 100 d'acide titanique et de sulfate de strontiane; le calcul en demande 92,32. Un accident a fait manquer la suite de l'analyse, que je n'ai pas cru nécessaire de répéter, ne pouvant avoir aucun doute sur la composition de ce sel, confirmée par ce premier résultat.

		Calculé.
Sr.	43,75	30,54
Ti.	24,50	17,10
3Fl.	57,00	39,79
2Aq.	18,00	12,57
	143,25	100,00

laissé déposer pendant son refroidissement quelques cristaux très-petits, fort peu distincts, dans lesquels j'ai pu seulement reconnaître des prismes de 80 à 85 degrés. Ils n'étaient pas en quantité suffisante pour en faire l'analyse. Il me semble probable que c'était un fluotitanate à deux équivalents d'eau, isomorphe avec les composés précédents. A la suite de ces cristaux, la liqueur a bientôt laissé déposer une quantité beaucoup plus considérable de cristaux mamelonnés dont il était impossible de reconnaître la forme. Je n'ai pas réussi non plus à les faire recristalliser sous la forme prismatique. A froid, l'eau paraît les décomposer en laissant un abondant résidu. En chauffant, ce résidu disparaît, puis la liqueur reste indéfiniment liquide, ou, si elle est suffisamment concentrée, reproduit les cristaux mamelonnés. Ceux-ci ont donc seuls été soumis à l'analyse.

Analyse

1g,655 décomposés par l'acide sulfurique, calcinés, puis traités par l'eau bouillante, ont donné :

Acide titanique.	0,522 =	Titane. . .	0,3158 =	19,08 p. 100
Sulfate de chaux.	0,872 =	Calcium. .	0,2565 =	15,50 p. 100

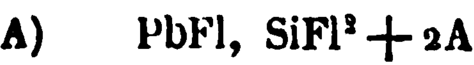
		Calculé.	Trouvé.
Ca.	20,0	15,56	15,50
Ti.	24,5	19,07	19,08
3Fl.	57,0	44,36	
3Aq.	27,0	21,01	
	128,5	100,00	

FLUOSILICATE DE PLOMB.

Plusieu hydrate

Ce sel, indiqué par Berzélius comme gommeux et incristallisable, peut cependant cristalliser, et même sous des formes variées, mais que l'on ne réussit pas toujours à obtenir. Sa dissolution a une grande tendance à se sursaturer par la concentration, et alors

cristaux nets qui paraissent appart
troisième forme ; mais lorsqu'on che
de la liqueur, celle-ci se solidifie et e
que l'on ne peut plus déterminer.


A) PbFl, $SiFl^2 + 2A$

…e primitive. Prisme rhomboïdal oblique.

Les cristaux ne sont pas très-nets
vement déliquescents, leurs faces s'
ment. Ils ne présentent le plus souv
M et sa base oblique P. Quelquefois
antérieure et l'angle inférieur sont tr
tites faces A et α (*fig.* 16).

	Calculé.		Observé.	
M—M =	71° 48′	*	71° 48′	P : A =
M : A =	125 54		125 50	P : α =
P : M =	98 0	*	98 0	M : α =

Angle plan de la base. . . . . .

Bien que cette forme offre une gra
celle du fluosilicate de strontiane,
dans les angles et surtout dans celu

2 grammes ont été précipités par l'ammoniaque mêlé de carbonate. Le précipité calciné, puis traité par l'acide azotique, a laissé la silice. Le fluor a été précipité par le chlorure de calcium et une ébullition prolongée. On a obtenu :

Silice.	0,270 =	Silicium.	0,1260 =	6,30 p. 100
Oxyde de plomb. . .	1,149 =	Plomb. .	1,0666 =	53,33 p. 100
Fluorure de calcium.	1,185 =	Fluor. . .	0,5773 =	28,86 p. 100

		Calculé.	Trouvé.
Pb.	103,5	53,77	53,33
Si.	14,0	7,27	6,30
3Fl.	57,0	29,61	28,86
2Aq.	18,0	9,35	
	192,5	100,00	

B) $PbFl, SiFl^2 + 4Aq$.

Prisme rhomboïdal oblique. Forme prim

Les cristaux assez gros, formés lentement par l'évaporation à l'air libre, présentent comme faces dominantes la base P et la face antérieure A, et prennent souvent une apparence tabulaire suivant l'une ou l'autre de ces faces. On y trouve encore les faces d'un octaèdre $m\,\mu$, dont l'arête est quelquefois tronquée par le prisme M, un second prisme N $(a : 2b : \infty c)$ et les faces v $(a : 2b : -2c)$, enfin une face α^2 sur l'angle inférieur. La face latérale E est parfois faiblement indiquée (*fig.* 17).

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
A : N =	141°45′	* 141°45′	P : N =	91°11′	90° 56′
A : M =	122 23	122 10	P : v =	58 23	58 à 59
N—N =	103 30	»	m—m =	101 23	101 10
M—M =	64 46	»	μ — μ =	100 2	100 20
P : A =	91 30	* 91 30	v — v =	116 22	
P : α^2 =	51 54	52 0	α^2 : v =	148 11	147 55
A : α^2 =	140 24	140 32	m : A =	114 45	114 40
P : m =	131 24	* 131 24	A : v =	130 54	131 14
P : M =	90 48	90 40	A : μ =	112 57	113 à 114
P : μ =	49 31	49 30			

Angle plan de la base. . . . . . 64°45′.

Analyse. 2 grammes précipités successivem
de soude, par l'ammoniaque, puis |
calcium, ont donné :

Sulfate de plomb. . . 1,425 = Plomb. . o,
Silice. . . . . 0,242 = Silicium. o,
Fluorure de calcium. 1,165 = Fluor. . . o,

		Calculé.
Pb.	103,5	49,17
Si.	14,0	6,65
3Fl.	57,0	27,08
4Aq.	36,0	17,10
	210,5	100,00

La silice est un peu trop faible, c
analyse où on ne la sépare que par p
tend en revanche à s'ajouter au fluor
a dû augmenter le poids du fluor.

FLUOSTANNATE DE PLOMB : PbFl, Si

e primitive. Prisme rhomboïdal oblique.

Les cristaux de ce sel, en lamelle
éclat nacré, sont exactement sembl
fluostannate de baryte (Pl. I, ...

[redacted]

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
M—M =	108° 6′	»	P : M =	101°32	101°50′
E : M =	125 57	126°10′	P : μ =	62 34	* 62 34
P : *a* =	139 12	* 139 12	P : *e* =	140 22	140 45
P : A =	104 18		P : E =	90 0	90 0
P : $\alpha^{1/2}$ =	32 48	32 40	M : *a* =	131 36	131 46
μ — μ =	115 44	* 115 44	M : *e* =	77 16	78 0
E : μ =	122 8	122 8	*a* : *e* =	125 40	125 40
a : μ =	96 38	96 40	*e* : μ =	134 42	134 45

Angle plan de la base....... 106°22′.

Il est aussi difficile d'obtenir ce sel bien cristallisé que le fluosilicate. Il est très-soluble et tend à former une dissolution sursaturée qui se prend ensuite en une masse mamelonnée. D'ailleurs, chaque fois qu'on essaye de le redissoudre, il se décompose en partie et laisse un résidu insoluble de fluorure de plomb retenant peu de fluorure d'étain. On ne peut empêcher cette décomposition par l'addition d'acide fluorhydrique ; car, au contraire, l'addition de cet acide dans la dissolution du fluostannate y détermine un abondant précipité de fluorure de plomb. Cette circonstance fait aussi qu'on n'obtient qu'une proportion relativement faible de ce sel en traitant le stannate de plomb par l'acide fluorhydrique, il reste toujours beaucoup de fluorure de plomb non dissous. Préparat

J'ai obtenu, dans diverses préparations, tantôt les cristaux lamellaires décrits ci-dessus, tantôt une masse mamelonnée indéterminable. Tous deux m'ont donné à l'analyse les mêmes résultats. Cependant je suis porté à croire que les cristaux mamelonnés, formés dans une dissolution sursaturée, appartiennent à un sel moins hydraté, mais dont la composition se trouve masquée, parce que l'eau mère dont ils sont imprégnés se prend en masse lorsqu'on essaye de les essuyer

Oxyde de plomb. . . . . 0,440 = Plon

5 grammes de cristaux mamelonné dans l'eau ; la liqueur trouble s'est écl tion de quelques gouttes d'acide azo précipité successivement par le sulfate l'ammoniaque :

Sulfate de plomb. . . 3,042 = Plomb. . 2,
Acide stannique . . . 1,552 = Étain. . . 1,

		Calculé.	
Pb. . . .	103,5	41,99	40,[illegible]
Sn. . . .	59,0	23,94	24,[illegible]
3Fl. . . .	57,0	23,12	
3Aq. . . .	27,0	10,95	
	246,5	100,00	

L'isomorphisme, si généralement rium, du strontium, du calcium et retrouve pas complétement dans ces fl Ceux de strontium et de calcium le d'une manière complète. Ceux de ba nent à des types tout différents. Ceu blissent, jusqu'à un certain point, u En effet, on peut à la rigueur considé de plomb comme isomorphe avec ce

rhomboèdre de 127 degrés, semblables à des dodécaèdres rhomboïdaux. Les faces sont en général un peu courbes et inégales, en sorte que l'angle du rhomboèdre n'a pu être mesuré avec une parfaite précision. Du reste, ils conservent bien leur éclat à l'air.

Un accident m'ayant fait perdre ce sel avant que je l'eusse analysé, je n'ai pas cru nécessaire de répéter sa préparation, attendu que son isomorphisme avec tous les composés analogues des métaux de la série magnésienne ne laisse aucun doute sur sa composition.

Fluotitanate de magnésie : MgFl, $TiFl^2 + 6Aq$.

Rhomboèdre.

Cristaux exactement semblables à ceux du fluostannate ; l'angle du rhomboèdre est de 128 degrés. Ils sont très-nets et volumineux. Forme pri

Ce sel est très-soluble dans l'eau froide ; sa dissolution, parfaitement limpide, se trouble légèrement par l'ébullition.

1,790 a perdu à 100 degrés 0,327 d'eau = 18,20 p. 100, c'est-à-dire trois équivalents d'eau. On a continué à chauffer ensuite vers 300 degrés ; la perte totale a été alors de 0,722 ou 40,33 p. 100 ; mais il s'était dégagé déjà quelques vapeurs de fluorure de titane, comme le prouvait un léger dépôt d'acide titanique sur le couvercle du creuset de platine. Le résidu, décomposé par l'acide sulfurique, calciné, puis lavé, a donné : Analy

Acide titanique. . . 0,463 = Titane. . . 0,2801 = 15,65 p. 100
Sulfate de magnésie. 0,712 = Magnésium. 0,1447 = 8,08 p. 100

		Calculé.	Trouvé.
Mg.	12,25	8,29	8,08
Ti.	24,50	16,58	15,65
3Fl.	57,00	38,58	
6Aq.	54,00	36,55	
	147,75	100,00	

mélange de fluorure de magnésium
Le chapiteau de la cornue était re
d'acide titanique insoluble, proven
sition d'une partie du fluorure de t
d'eau. Le col de la cornue renferma
léger, assez abondant, qui, au cont
dissous avec sifflement, en produis
un peu trouble, qui s'est parfaiteme
tration. Concentrée par l'évaporation
la vapeur d'eau sans acide fluorhyd
que, devenue sirupeuse, elle blanchit
masse gélatineuse en exhalant alors
fluorhydrique.

Ces faits paraissent indiquer l'existe
de titane neutre, solide, qui, je croi
été signalé. Il serait possible cepend
fluorhydrate de fluorure; cependant
aussi beaucoup d'acide fluorhydrique
lation.

FLUOSTANNATE DE MANGANÈSE : MnFl,

e primitive. Rhomboèdre.

[redacted]

Eau chassée à 100 degrés. . . . . 0,409 =27,37 p. 100
Acide stannique. . . . 0,574=Étain. . . . 0,4515=30,22
Sulfate de manganèse. 0,547=Manganèse. 0,1992=13,33

		Calculé.	Trouvé.
Mn.	27,5	13,92	13,33
Sn.	59,0	29,88	30,22
3Fl.	57,0	28,86	»
6Aq.	54,0	27,34	27,37
	197,5	100,00	

Le fluosilicate de manganèse cristallise également, d'après Berzélius, en prismes hexagonaux à sommets rhomboédriques.

FLUOSILICATE DE ZINC : $ZnFl, SiFl^2 + 6Aq$.

Rhomboèdre.

Même forme que les précédents. Quelquefois seulement on trouve de plus la base, tronquant les sommets rhomboédriques. Les cristaux sont assez gros et très-nets (Pl. I, *fig.* 18). Forme prim

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
R—R =	127° 16′	* 127° 16′	M—M =	120° 0′	120° 0′
R : M =	116 22	116 22	P : R =	149 9	149 6

Ces cristaux se clivent nettement suivant les faces du prisme hexagonal. Si l'on y taille deux faces perpendiculaires à l'axe, on s'assure facilement qu'ils possèdent un seul axe de double réfraction positif. Ces caractères se retrouvent du reste dans tous les autres composés isomorphes de ce groupe. Clivage. Propriét optique

Il est impossible de chasser l'eau sans qu'il se dégage en même temps du fluorure de silicium. Je n'ai pas même réussi à éviter complétement cet inconvénient par l'addition d'un excès d'oxyde de plomb, et je suis disposé à croire que c'est par suite de l'imperfection de ce procédé que Berzélius a attribué sept équivalents d'eau à tous les fluosilicates de cette série. L'emploi de la chaux vive en poudre sèche ne m'a pas paru plus avantageux. Analys

qu'il ne se forme plus d'acide fluorh[...]
poids reste constant, il ne reste [...]
zinc. J'en ai obtenu ainsi 25,87 p. 1[...] à 20,72 de zinc.

2g,500 précipités par le carbonate [...] 1,102 ou 44,08 p. 100 de silicate de [...] de ce poids 25,87 d'oxyde de zinc, il [...] de silice ou 8,50 de silicium. La lique[ur] [...] ensuite par le chlorure de calcium ; [...] séché, puis traité par l'acide acétique [...] fluorure de calcium = 0,901 de fluor [...]

		Calculé.
Zn.	32,75	20,76
Si.	14,00	8,88
3Fl.	57,00	36,13
6Aq.	54,00	34,23
	157,75	100,00

FLUOSTANNATE DE ZINC : ZnFl, Sn[...]

[Form]e primitive. Rhomboèdre.

Prismes hexagonaux réguliers, en [...] terminés par un rhomboèdre R, non [...] sentant quelquefois un rhomboèdre in[...]

L'eau en se dégageant entraîne de l'acide fluorhydrique. Si l'on calcine au contact de l'air jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs acides, il reste un mélange ou un composé d'oxyde de zinc et d'acide stannique pesant 57,22 p. 100 ; le calcul demande 57,09. Analys

2 grammes décomposés par l'acide sulfurique, calcinés, puis traités par l'eau et l'acide azotique ont donné :

Acide stannique. . 0,720 = Étain. . 0,5664 = 28,32 p. 100
Oxyde de zinc. . . 0,405 = Zinc. . . 0,3255 = 16,27 p. 100

		Calculé.	Trouvé.
Zn.	32,75	16,15	16,27
Sn.	59,00	29,10	28,32
3Fl.	57,00	28,11	
6Aq.	54,00	26,64	
	202,75	100,00	

FLUOSTANNATE DE CADMIUM : $CdFl, SnFl^2 + 6Aq$.

Rhomboèdre.

Prisme hexagonal régulier, terminé par un rhomboèdre de 127 degrés environ. Les cristaux sont ordinairement assez allongés, trois faces alternatives du prisme sont toujours beaucoup plus développées que les trois intermédiaires, en sorte que les cristaux ont l'apparence de prismes triangulaires. Forme prim

2g,5 ont été décomposés par l'acide sulfurique. Le résidu, fortement desséché, a été repris par l'acide azotique. La liqueur, séparée de l'acide stannique, a été précipitée par le carbonate de potasse : Analys

Acide stannique. . . 0,808 = Étain. . . 0,6356 = 25,42 p. 100
Oxyde de cadmium. 0,709 = Cadmium. 0,6204 = 24,81 p. 100

		Calculé.	Trouvé.
Cd.	56	24,78	24,81
Sn.	59	26,11	25,42
3Fl.	57	25,22	
6Aq.	54	23,89	
	226	100,00	

	Calculé.		Observé.	
R — R =	127°34′	*	127°34′	M — M
R : M =	116 13		116 13	P : R
S² — S² =	97 10		97 4	P : S²
M : S² =	131 23		131 28	R ∧ S²
M : R =	90 0		90 0	

Analyse. 2g,3381 chauffés au rouge sombre
pesant = 0g,7466 = 31,93 p. 100.
comme du fluorure de nickel pur,
pond à 19,42 p. 100 de nickel. Ce 1
par l'acide sulfurique et calciné au
laissé 1,1846 de sulfate = 50,66
dant à 19,35 de nickel. Enfin, apr
nation au rouge blanc, il est resté
p. 100 d'oxyde de nickel, contenan
Le dernier chiffre, qui est le plus sûr
bien à la formule :

Ni.	29,5
Si.	14,0
3Fl.	57,0
6Aq.	54,0
	154,5

prismes triangulaires. Les faces intermédiaires manquent même quelquefois complétement.

2^g,600 ont été décomposés par l'acide sulfurique, repris par l'acide azotique, puis la liqueur précipitée par la potasse : Analyse.

Acide stannique. . 0,994 = Étain.. . 0,781 = 30,07 p. 100
Oxyde de nickel. . . 0,466 = Nickel. . 0,3666= 14,10 p. 100

		Calculé.	Trouvé.
Ni.	29,5	14,79	14,10
Sn.	59,0	29,57	30,07
3Fl.	57,0	28,57	
6Aq.	54,0	27,07	
	199,5	100,00	

FLUOSILICATE DE CUIVRE.

Lorsqu'on fait cristalliser ce sel par l'évaporation spontanée ou par le refroidissement d'une dissolution modérément concentrée par la chaleur, on obtient de beaux cristaux à 6 équivalents d'eau, appartenant au même type que tous les autres sels de cette série. Mais si la cristallisation se produit par l'évaporation à une température d'environ 50 degrés, on obtient un sel d'une autre forme qui ne contient que 4 équivalents d'eau. Deux hydr

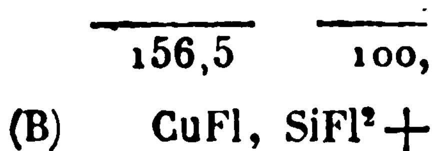


(A) $CuFl, SiFl^2 + 6Aq$.

Rhomboèdre.

Gros prismes hexagonaux réguliers, terminés par un rhomboèdre de 125° 30'. On observe quelquefois le rhomboèdre inverse S^2, donnant lieu à de petites faces peu nettes. Quelquefois aussi les arêtes verticales du prisme sont tronquées par les faces du second prisme hexagonal. Les cristaux s'effleurissent assez vite au contact de l'air. Forme prim

Ce sel laisse, par une forte calcination, un résidu pesant 29,25 p. 100, qui paraît être un oxyfluorure Analyse



156,5 100,

(B) CuFl, SiFl² +

Forme primitive. Prisme rhomboïdal oblique.

Les cristaux sont ordinairement
rhomboïdal M, tronqué latéralem
terminé par une base oblique, av
les arêtes postérieures de la base.
que j'avais faite auparavant du flu
qui lui est isomorphe, mais dont
développement différent, j'ai consi
cristaux comme une face oblique *a* pl
rieur, et les facettes modifiant les
comme un biseau *e* sur les angles lat

Ils offrent tantôt l'apparence de
laires *a*E terminés par une pyramid
des tables hexagonales fort aplaties

Leurs faces sont peu nettes à c
concentration de l'eau mère, dans
ment, qui se solidifie rapidement l
les cristaux. Leurs angles paraisse
sins de ceux du fluostannate, que j
calcul spécial pour ce sel ; je donne

[redacted]

1g,610 ont laissé par calcination 0g,526 = 32,67 p. 100 d'oxyfluorure. Le résidu, décomposé par l'acide sulfurique et fortement calciné, a donné 0,466 d'oxyde, contenant 0,3716 de cuivre ou 23,08 p. 100. Analyse.

		Calculé.	Trouvé.
Cu.	31,5	22,74	23,08
Si.	14,0	10,11	
3Fl.	57,0	41,16	
6Aq.	54,0	25,99	
	138,5	100,00	

FLUOSTANNATE DE CUIVRE : $CuFl, SnFl^2 + 4Aq$.

Prisme rhomboïdal oblique. Forme primit[ive]

Cristaux prismatiques, allongés suivant le prisme M, tronqués latéralement par les faces E, terminés par le biseau *e* sur les angles latéraux, et portant de plus les faces *a* et *α* sur les angles antérieurs et postérieurs (*fig.* 20).

Les cristaux, d'un beau bleu, sont assez éclatants et se conservent très-bien à l'air.

	Calculé.	Observé.
M—M =	127° 6'	* 127° 6'
E : M =	116 27	116 30
e ∧ *e* =	137 12	* 137 12
E : *e* =	111 24	111 27
M : *a* =	132 15	* 132 15
M : *e* =	94 56	94 54
a : *e* =	142 41	142 44

	Calculé.	Observé.
α : M =	114° 7'	114° 14'
α : *e* =	48 23	»
M : *e* =	114 16	114 15
(MM): *a* =	138 41	»
(MM):(*ee*) =	107 21	»
(MM): α =	62 51	»
a ∧ α =	104 10	104 0

Il peut être chauffé jusque vers 100 degrés sans s'altérer. Plus tard, il perd de l'eau, mais elle entraîne avec elle de l'acide fluorhydrique.

1g,947 ont été décomposés par l'acide sulfurique, évaporés à siccité, puis traités par l'acide azotique; la liqueur a été précipitée par la potasse : Analyse.

Acide stannique. . 0,802 = Étain. . 0,6309 = 32,40 p. 100
Oxyde de cuivre. . 0,421 = Cuivre . 0,3351 = 17,21 p. 100

Acide titanique. . 0,240 = Titane. . 0,1452 = 16,17 p. 100
Oxyde de cuivre. . 0,235 = Cuivre. . 0,1874 = 20,87 p. 100

1g,646 précipités successivement par l'acide sulfhydrique, par l'ammoniaque et par le chlorure de calcium ont donné :

Oxyde de cuivre. . 0,432 = Cuivre. . 0,3445 = 20,93 p. 100
Acide titanique. . 0,455 = Titane. . 0,2752 = 16,72 p. 100
Fluorure de calc. 1,311 = Fluor. . . 0,6387 = 38,80 p. 100

		Calculé.	Trouvé.	
Cu.	31,5	21,14	20,87	20,93
Ti.	24,5	16,44	16,17	16,72
3Fl.	57,0	38,26		38,80
4Aq.	36,0	24,16		
	149,0	100,00		

FLUOTITANATE DE CUIVRE ET FLUORURE AMMONIQUE :

$AzH^4Fl + 2 (CuFl, TiFl^2 + 4Aq)$.

Prisme carré. Forme primit

Le plus souvent les cristaux n'offrent que le prisme carré terminé par une base droite. Quelquefois les angles ou les arêtes de la base sont tronqués par les facettes a, $a^{1/2}$ et m. Il est assez rare de trouver réunis ces trois systèmes de modifications (Pl. I, *fig.* 22).

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
M — M =	90° 0'	90° 0'	P : m =	123° 17'	123° 10'
m — m =	107 32	»	P : M =	90 0	90 0
P : $a^{1/2}$ =	151 42 *	151 42	M : m =	146 43	146 44
P : a =	132 53	133 2	$a^{1/2}$ — $a^{1/2}$ =	140 50	140 52
a — a =	117 35	»			

Les cristaux se clivent assez facilement parallèlement à la base. Aussi est-il facile de constater qu'ils possèdent un seul axe de double réfraction. Clivage.

Exposés à l'air, ils s'effleurissent un peu à la longue ; ils perdent promptement de l'eau lorsqu'on les chauffe.

Ce sel se dissout complétement dans l'eau froide et peut, par l'évaporation spontanée, ou à une douce chaleur, reproduire les cristaux primitifs. Cependant il

IV. 3 grammes ont été distillés avec de l'eau et de la potasse, l'ammoniaque recueilli dans une dissolution titrée d'acide oxalique a saturé 0,498 d'acide, correspondant à 0,1423 d'ammonium = 4,74 p. 100.

		Calculé.	Trouvé.		
2Cu.	63	18,81	18,76	18,17	18,59
2Ti.	49	14,63	14,85	14,79	14,46
7Fl.	133	39,70	39,46	39,07	39,73
AzH^4.	18	5,37		4,74	
8Aq.	72	21,49			
	335	100,00			

FLUOTITANATE DE CUIVRE ET FLUORURE DE POTASSIUM :



$KFl + 2\,(CuFl,\ TiFl^2 + 4Aq)$.

Prisme quarré.

Forme prim

Cristaux d'un beau bleu, tout à fait semblables aux précédents, toutefois, je n'y ai trouvé que le prisme quarré, basé, sans modification.

Préparatio

Il est très-difficile d'obtenir une quantité un peu notable de ce sel. En effet, à cause de la très-faible solubilité du fluotitanate de potasse, lorsqu'on mêle du fluorure de potassium à une dissolution de fluotitanate de cuivre, la plus grande partie du premier sel cristallise à l'état de fluotitanate de potasse lamellaire ; il se précipite une quantité équivalente de fluorure de cuivre, et il ne peut se former qu'une très-petite quantité du sel triple cherché.

Analyse

$0^g,959$ ont été précipités par l'acide sulfhydrique, puis par l'ammoniaque, puis évaporés à siccité et calcinés avec de l'acide sulfurique. On a obtenu :

Oxyde de cuivre. .	0,223 =	Cuivre. . .	0,1778 =	18,54 p. 100
Acide titanique. .	0,222 =	Titane. . .	0,1343 =	14,00 p. 100
Sulfate de potasse.	0,213 =	Potassium.	0,0955 =	9,96 p. 100

		Calculé.	Observé.
2Cu.	63	17,70	18,54
2Ti.	49	13,76	14,00
K.	39	10,96	9,96
7Fl.	133	37,36	»
8Aq.	72	20,22	»
	356	100,00	

cristaux à un prisme quarré ou rectangulaire, ou à un prisme rhomboïdal droit ou oblique.

Je n'ai pas mieux réussi à en déterminer le caractère optique; toutefois les essais que j'ai faits dans ce sens ne semblent pas favorables à l'hypothèse d'un prisme quarré.

Ce sel fond bien avant 100 degrés; l'eau ne peut en être chassée sans qu'il se dégage en même temps de l'acide fluorhydrique.

1g,759 précipités par l'acide chlorhydrique, puis par l'ammoniaque, ont donné : Analys

Chlorure d'argent. 0,956	= Argent. 0,7195	= 40,90 p. 100.	
Acide stannique. . . 0,533	= Étain. . 0,4191	= 23,84	

2g,3425 décomposés par l'acide sulfurique, repris par l'acide azotique bouillant, puis précipités par l'acide chlorhydrique, ont donné :

Acide stannique. . 0,681	= Étain. . 0,5357	= 22,87 p. 100.
Chlorure d'argent. 1,284	= Argent. 0,9664	= 41,25

		Calculé.	Trouvé.	
Ag.	108	41,54	40,90	41,25
Sn.	59	22,69	23,84	22,87
3Fl.	57	21,92		
4Aq.	36	13,85		
	260	100,00		

J'ai obtenu une fois, dans une dissolution sursaturée recouverte d'une feuille de papier, des cristaux rectangulaires aplatis dont la forme ne paraissait point semblable à celle des cristaux précédents. La lumière polarisée traversant ces lames y fait naître une série d'anneaux elliptiques avec une ligne noire. Leur analyse m'a donné des résultats conformes à la formule ci-dessus. Je crois cependant que ces cristaux contiennent une moindre proportion d'eau de cristallisation. Autre hyd

que le précédent, sauf qu'il est coloré en rose pâle. Il paraît encore plus soluble et même un peu déliquescent.

$1^g,911$ analysés comme le sel lanthanique ont donné : Analyse

Chlorure d'argent. .	1,961	= Chlore. .	0,4847	= 25,36	p. 100
Sulfure de mercure.	1,203	= Mercure.	0,1037	= 54,26	
Oxyde de didyme. .	0,201	= Didyme.	0,1723	= 9,02	

		Calculé.	Trouvé.
3Hg.	300	53,38	54,26
Di.	48	8,54	9,02
4Cl.	142	25,27	25,36
8Aq.	72	12,81	
	562	100,00	

BROMATE DE DIDYME : DiO, BrO^5 + 6Aq.

Prisme hexagonal. Forme prim

Cristaux prismatiques, roses, très-éclatants, inaltérables à l'air. Ils présentent rarement des sommets bien conformés; le plus souvent ils sont hérissés de petits pointements, comme si les gros cristaux étaient formés par l'agrégation d'une infinité de petits prismes. Quelquefois cependant ils se terminent par une pyramide hexagonale régulière (*fig.* 23).

	Calculé.	Trouvé.		Calculé.	Trouvé.
M — M =	120° 0′	120° 0′	m — m =	147° 58′	148° 4′
M : m =	123 30	*123 30	m : M =	106 1	105 57
m ∧ m =	113 0		m ⌣ m =	122 53	123 3

Ils présentent des clivages nets et faciles suivant les faces du prisme, et un seul axe de double réfraction parallèle à l'axe. Clivages

Il fond au-dessous de 100 degrés et perd de l'eau, mais il ne laisse pas dégager à cette température toute son eau de cristallisation; la perte s'élève à 18 p. 100 environ.

$2^g,264$ ont été réduits par l'acide sulfureux et préci- Analys

SULFATE CÉROSO-CÉRICO-POTASSIQUE :


$Ce^3O^4, 4SO^3 + 4(KO, SO^3) + 4Aq.$

Prisme rhomboïdal oblique. Forme pri

Petits cristaux d'un jaune pur, très-nets et éclatants, formés par l'évaporation spontanée d'une dissolution de sulfate céroso-cérique mêlée de sulfate de potasse.

Tantôt la forme dominante est un octaèdre assez aigu $m\mu$, tronqué légèrement par les faces P, A et $\alpha^{1/2}$ (*fig.* 24). Tantôt ils sont beaucoup plus élargis suivant la base P et portent sur les angles latéraux les faces E et $e^{1/2}$. Les arêtes P*m* sont quelquefois tronquées par les facettes $m^{1/3}$ (*fig.* 25).

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
P : $m^{1/3}$ =	141° 14′	141° 30′	P : (mm) =	127° 55′	
P : m =	116 20	*116 20	P : A =	100 40	100° 44′
P : M =	96 50		P : ($\mu\mu$) =	68 5	
P : μ =	75 40	*75 40	P : $\alpha^{1/2}$ =	45 12	44 50
m — m =	92 23	*92 23	P : $e^{1/2}$ =	134 10	134 0
E : m =	133 48		P : E =	90 0	90 0
μ — μ =	83 7	83 4	$m^{1/3}$ — $m^{1/3}$ =	122 10	
E : μ =	138 27	138 30	A : m =	129 55	129 50
μ : $e^{1/2}$ =	135 10	135 7	A : μ =	56 1	55 54
μ : $m^{1/3}$ =	108 4	108 8	m ⌣ m =	106 6	106 2
M — M =	79 51				

Lorsqu'on calcine modérément ce sel, il perd son eau, de l'oxygène et de l'acide sulfurique, et laisse un résidu composé de sulfate de potasse et de sulfate céreux.

2 grammes précipités par l'oxalate d'ammoniaque, puis évaporés à siccité et calcinés : Analy

Oxyde céroso-cérique.	0,504	= 25,20 p. 100	=	CeO.	24,02
Sulfate de potasse. . .	0,874	= 43,70 p. 100	=	KO.	23,61

2 grammes traités de même :

Oxyde céroso-cérique.	0,495	= 24,75 p. 100	=	CeO.	23,59
Sulfate de potasse. . .	0,929	= 46,45 p. 100	=	KO.	25,10

toujours accompagnés et imprégnés d'un précipité pulvérulent jaune brunâtre, peu soluble, beaucoup plus riche en oxyde de cérium et plus pauvre en potasse. Un de ces précipités que j'ai analysé renfermait 2 équivalents de cérium pour 1 de potasse et équivalait très-exactement à la formule :



$$8(CeO, SO^3) + (Ce^2O^3, 3SO^3) + 5(KO, SO^3) + 7Aq.$$

Je ne prétends point le considérer comme un composé défini, mais comme il est impossible que les cristaux du sulfate double en soient complétement débarrassés, la présence de ce produit pulvérulent explique les différences que l'on observe dans les analyses.

Sel ammoniq correspondа

Il existe un sel analogue dans lequel le sulfate d'ammoniaque remplace celui de potasse ; les angles paraissent être sensiblement les mêmes. Toutefois les faces n'en étaient pas bien nettes, en sorte que je n'en rapporterai pas les mesures.



STANNATE DE POTASSE : $KO, SnO^2 + 3Aq$.

Forme primit

Rhomboèdre.

Les cristaux présentent habituellement le rhomboèdre R, basé et tronqué sur ses arêtes par l'inverse $S^{1/2}$ (*fig.* 26). Quelquefois le développement de deux faces du rhomboèdre leur donne l'apparence de prismes obliques.

Hémitropie

Souvent ils sont mâclés parallèlement à une face du rhomboèdre R (*fig.* 27) ; il en résulte entre les deux faces P et P′ un angle rentrant d'un côté, saillant de l'autre.

Les faces de ces cristaux sont toujours un peu cour-

formule de M. Rammelsberg, environ 1 p. 100 seulement au lieu de 1,4. Pour les autres éléments, je suis d'ailleurs d'accord avec ce savant.

Après avoir mis en fusion aqueuse dans un creuset d'argent 80 grammes de potasse caustique, on y ajoute par portions 30 grammes d'acide stannique préparé par l'acide azotique et l'étain. Il se dissout très-facilement dans la potasse fondue et forme d'abord une masse assez liquide. Mais bientôt, sous l'influence d'une chaleur croissante, il se produit une sorte d'ébullition, sans boursouflement cependant si l'on a soin de modérer la chaleur, et bientôt tout se prend en une masse dure. Si on la laisse alors refroidir, elle se dissout presque complétement dans l'eau. Si, au contraire, on pousse plus loin la calcination, elle ne se redissout qu'en faible partie, probablement par suite de la formation d'un métastannate.

La liqueur donne facilement presque tout le stannate de potasse qu'elle renferme, par des concentrations et des refroidissements successifs. Ce sel étant fort peu soluble dans une dissolution concentrée de potasse, il finit par n'en rester que très-peu dans les eaux mères.

M. Rammelsberg a décrit ce même sel comme cristallisant en prisme rhomboïdal oblique de 76° 30'. J'ai répété si souvent la préparation de ce sel et sa cristallisation dans les circonstances les plus variées, sans jamais obtenir d'autre forme que celle que je viens de décrire, que j'ai peine à croire qu'il puisse être dimorphe. Comme d'ailleurs la forme indiquée par ce savant ne s'éloigne pas extrêmement de celle d'un rhomboèdre de 75°, je serais plutôt disposé à croire à une erreur fondée sur le peu de régularité que présentent souvent les cristaux de ce sel.

[redacted]

plusieurs faces offrant un caractère hémiédrique. A droite, on trouve les deux faces M du prisme rhomboïdal oblique; elles manquent à gauche, mais on y voit les faces *m* et μ (*fig.* 29).

On rencontre aussi quelquefois de très-petites facettes $e^{1/2}$, *e* et e^2 entre P et E, trop rares et trop peu développées pour que j'aie pu constater si elles sont aussi hémièdres.

Les cristaux les plus habituels ne sont formés que des faces A, E, α, μ.

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
M — M =	108° 0'	»	P : $e^{1/2}$ =	162° 38'	162° env.
A : M =	144 0	143° 45'	P : *e* =	147 59	148 4
A : E =	90 0	90 0	P : e^2 =	128 39	128 37
A : *a* =	137 32	137 36	P : E =	90 0	90 5
A : P =	102 0	*102 0	P : *m* =	138 20	»
A : α =	56 17	* 56 17	P : M =	99 41	99 40
E : μ =	118 0	*118 0	P : μ =	51 56	51 49
E : α =	90 0	90 0	A : *m* =	132 38	132 24
μ ‿ μ =	56 0	»	A : *e* =	100 9	100 20
E : *m* =	113 21	113 28	A : μ =	60 39	60 50
E : *a* =	90 0	90 0	A : e^2 =	97 28	97 40
M : *a* =	126 38	126 30	M : α =	116 41	116 50

Angle plan de la base : 106° 47'.

Ce sel peut être chauffé à 100 degrés sans perdre d'eau. Soumis à un grillage complet, puis réchauffé avec du carbonate d'ammoniaque pour être certain que la strontiane soit bien tout entière à l'état de carbonate, il a donné : Analyse

Sel 0,992 = Carbonate 0,505 = Strontiane 0,3544 = 35,72 p. 100
Sel 1,510 = Carbonate 0,762 = Strontiane 0,5347 = 35,41 p. 100

		Calculé.	Trouvé.	
2SrO.	103,5	35,75	35,72	35,41
$C^8H^4O^{10}$. . . .	132,0	45,60		
6Aq.	54,0	18,65		
	289,5	100,00		

Ce sel avait été obtenu en concentrant, après l'avoir neutralisée par l'ammoniaque, l'eau mère des cristaux de tartrate de strontiane décrits ci-dessus.

Ayant constaté la présence de l'ammoniaque dans ces cristaux et leur neutralité, je me suis borné à doser la strontiane à l'état de carbonate par le grillage. Analyse.

$1^g,262$ ont donné $0^g,292$ de carbonate $= 0^g,2049$ de strontiane, ou 16,23 p. 100.

		Calculé.	Trouvé.
SrO.	51,75	16,29	16,23
AzH^4O	26,00	8,18	
$C^8H^4O^{10}$. . . .	132,00	41,54	
12Aq.	108,00	33,99	
	317,75	100,00	

TARTRATE D'ANTIMOINE ET DE STRONTIANE :
$SrO, Sb^2O^3, C^8H^4O^{10}$.

Prisme hexagonal. Forme primit

Ce sel s'obtient le plus souvent en cristaux très-petits, quelquefois même aciculaires. Une seule fois j'en ai obtenu des cristaux un peu gros. Ce sont des prismes hexagonaux réguliers, tantôt basés, tantôt terminés par les pyramides m ou m^2.

Ils présentent un axe unique de double réfraction.

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
M — M =	120° 0′	120° 0′	m — m =	138° 26′	138° 28′
M : m =	135 12	* 135 12	M : m =	110 47	110 45
M : m^2 =	153 36	154 0	m^2—m^2 =	126 48	126 à 128°
M : P =	90 0	90 0	m^2‿m^2 =	78 16	77 à 79
m‿m =	104 10	104 20			

Ce sel a été indiqué pour la première fois par M. Kessler (1), mais sa forme n'avait pas été décrite. On l'obtient facilement par le procédé suivant : on fait dissoudre de l'émétique pulvérisé dans une dissolution Préparatio

(1) *Poggendorffs Annalen*, t. LXXV, p. 410.

tique s'y oppose. En effet, au lieu d'un seul axe parallèle à P et à E, on reconnaît facilement, en regardant au travers des faces P, deux axes optiques situés dans un plan parallèle à E, et symétriquement placés de part et d'autre de l'axe vertical.

Il y a un clivage assez net parallèle à E. Clivage.

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
M—M =	124° 6'	* 124° 6'	a : M =	141° 29'	141° 30'
E : M =	117 57	117 57	a : e =	70 57	71 8
a ∧ a =	55 20	* 55 20	M : e =	109 28	109 34
P : a =	117 40	117 45	E : m =	115 10	115 10
P : $e^{1/2}$ =	153 9	152 39	E : a =	90 0	89 50
P : e =	134 39	134 39	P : m =	114 51	114 36
P : E =	90 0	89 à 90°			

Ce sel a été préparé en mêlant une dissolution d'émétique et une dissolution d'azotate de chaux, ce dernier sel étant en excès. La présence de l'acide azotique dans ce sel se manifeste par la déflagration qu'il présente lorsqu'on le calcine. Préparation.

Chauffé à 100 degrés, il perd 10,3 p. 100 d'eau, soit les 3/4 de celle qu'il contient.

2 grammes précipités par l'acide sulfhydrique, puis par l'oxalate d'ammoniaque, ont donné : Analyse.

Sulfure d'antimoine. 0,881 = Oxyde. 0,7559 = 37,79 p. 100
Chaux. . . . . 0,183 = 9,15

		Calculé.	Trouvé.
5CaO.	140	9,22	9,15
$4Sb^2O^3$.	580	38,21	37,79
$4C^8H^4O^{10}$.	528	34,78	
AzO^5.	54	3,56	
24Aq.	216	14,23	
	1,518	100,00	

Il se dissout bien dans l'eau chaude, mais laisse déposer par le refroidissement un précipité pulvérulent formé de tartrate double d'antimoine et de strontiane

deux axes optiques très-écartés dans un plan parallèle à A, dont la bissectrice est l'axe vertical.

Malgré l'éclat de ces cristaux et la netteté des faces, les angles offrent d'assez fortes variations ; les nombres suivants sont les moyennes d'observations assez peu concordantes.

	Calculé.	Observé.		Calculé.	Observé.
E : M =	123° 1′	123° 0′	E : $e^{3/2}$ =	133° 42′	134°
E : N =	108 0	*108 0	E : e =	122 30	*122 30′
E : R =	97 24	97 10	E : $e^{1/2}$ =	107 40	107 50
E : S =	92 29	92 30	E : m =	114 28	114
E : A =	90 0	90 0	E : n =	102 49	102 44
M—M =	113 58	»	e : m =	140 25	140 30
N : e =	99 55	99 40	M : m =	159 27	159 20
A : e =	90 0	90 0			

Ce sel se prépare aisément en mêlant des dissolutions d'azotate de strontiane et de tartrate d'arsenic et d'ammoniaque. On reconnaît facilement qu'il renferme de l'acide azotique et de l'ammoniaque ; il a donc une constitution tout à fait semblable à celle des sels analogues obtenus par M. Kessler au moyen des tartrates doubles d'arsenic et de potasse ou d'arsenic et de soude. Préparation

M. Rammelsberg a décrit, comme cristallisant en octaèdre quarré, le sel double renfermant de la potasse.

D'après la description qu'il en donne, il paraît évidemment isomorphe avec le sel ammoniacal. Ce savant, ne l'ayant pas soumis à un examen optique, n'a pu constater que sa forme quarrée n'est qu'apparente.

2,224 ont perdu à 100 degrés 0,330 d'eau = 14,84 Analyse

aurait quelque intérêt à étudier les propriétés optiques de cristaux à un axe appartenant à une substance qui agit sur la lumière polarisée comme l'acide tartrique. Malheureusement il s'est trouvé que ces cristaux n'appartenaient réellement pas, comme on l'avait cru, au système prismatique quarré.

tasse ; je n'ai obtenu qu'une si petite quantité de produit cristallisé que je n'ai pu en faire l'analyse. Ces cristaux étaient formés d'un prisme rhomboïdal droit de 92°50′, terminé par un biseau de 85°10′ sur les angles latéraux aigus de la base.

Table des sels décrits dans ce mémoire.

NOTES DIVERSES

CONCERNANT L'ACIER PUDDLÉ ET L'ACIER DE FORGE.

Par M. GRUNER, ingénieur en chef, professeur de métallurgie
à l'École des mines.

Le puddlage pour acier est, sans contredit, comme le remarque M. Janoyer (1), l'une des conquêtes récentes les plus importantes de l'industrie des fers. L'art des constructions, en particulier, lui devra des progrès pareils à ceux que l'on doit à l'invention successive du four à réverbère, du laminoir et du marteau-pilon. Sans ces appareils si puissants, nous ne posséderions encore ni navires, ni ponts, ni charpentes, ni chemins en fer. À côté de cette application si générale du fer laminé, l'ancien acier de forge a dû rester, comme le fer battu des foyers Comtois, à cause de son prix élevé, presque entièrement étranger au développement de l'industrie moderne.

Considérati[ons] générale[s] sur l'impor[tance] du puddl[age] pour acie[r]

Aucune des méthodes d'affinage au bas foyer ne produit l'acier naturel, à moins d'une consommation, en charbon végétal, de 300 p. 100 de son poids (2),

(1) Ces notes ont été rédigées en vue de compléter le mémoire de M. Janoyer (*). Après la lecture de celui de M. Lan sur l'acier puddlé (**), j'ai cru devoir néanmoins ne rien changer à l'ensemble de mon travail, sauf quelques additions faciles à reconnaître. On pourra ainsi mieux saisir les points sur lesquels nos vues s'accordent et ceux par lesquels nous différons.

(2) On consommait cette proportion de 300 p. 100 de charbon de bois même dans l'ancienne méthode non modifiée de Rives.

(*) Voir page 149 de ce volume.
(**) Voir page 85 de ce volume.

sait aujourd'hui produire des fers à peine inférieurs, sous le rapport de la ténacité, aux meilleurs fers des forges comtoises, pourvu que le puddlage se fasse lentement, en petites charges, sur de bonnes fontes brutes au bois, et que l'étirage se fasse, comme le cinglage, à l'aide du marteau et sous l'influence de deux ou de plusieurs réchauffages répétés (1); mais il a fallu un long temps et de nombreux essais pour en arriver là. Par contre, avec l'expérience ainsi acquise dans les forges à fer, on est parvenu très-promptement à obtenir de l'acier puddlé capable de rivaliser avec le meilleur acier de forge.

Supériorité du puddlage sur l'affinage au bas foyer.

Bien plus, on sait produire, sinon de l'acier proprement dit, au moins un bon fer aciéreux, en puddlant des fontes ordinaires au charbon de bois et même certaines fontes au coke, dont on n'avait jamais pu faire de l'acier dans un bas foyer. Et au fond cela se conçoit aisément : dans le four de puddlage, on voit à chaque instant ce qui se passe; on peut à volonté accroître ou affaiblir l'action oxydante de l'air et des scories; on est, en un mot, maître de l'opération; tandis que dans le bas foyer, non-seulement le charbon vient sans cesse contre-balancer l'action oxydante des scories et du vent, empêcher la combustion du soufre et du phosphore, mais encore cacher à l'ouvrier la masse ferreuse qu'il affine, en sorte que ce dernier est presque réduit, pour conduire l'opération, à s'en

(1) En général, les fers comtois, surtout ceux obtenus par *attachement*, sont plus *propres* (moins mêlés de scories) que les fers puddlés. Les loupes des fours de puddlage sont beaucoup plus spongieuses et plus imprégnées de scories que les loupes des bas foyers. De là leur infériorité. Il faudrait pouvoir les comprimer mécaniquement dans le four de puddlage même, lorsque leur température est encore fort élevée.

neurs; tandis que, dans une forge anglaise, un bon chef de fabrication peut aisément, à chaque instant, contrôler et modifier les opérations des ouvriers puddleurs. La méthode allemande n'a réellement, je le répète, que l'avantage de produire un fer mieux soudé, à cause de la plus grande rareté des scories interposées; mais cette expulsion plus complète des scories ne me paraît pas impossible à atteindre également un four de puddlage.

D'après cela, il faut s'attendre à voir disparaître bientôt les derniers bas foyers d'affinage pour fer ou acier, sauf peut-être ceux qui fournissent en Suède les premières marques, destinées aux usines d'acier fondu; et, même pour ces qualités supérieures, un puddlage soigné au gaz, fait sur de très-petites charges, me paraît devoir rivaliser avec la méthode wallonne.

La transformation des forges comtoises et allemandes en forges anglaises, avec conservation, au moins partielle, de l'étirage au marteau, pour les qualités supérieures, me paraît d'ailleurs à désirer à un autre point de vue. Pour avoir de bons fers et de bons aciers, il faut avant tout de bonnes fontes, produites au charbon de bois. En un mot, il faut réserver le charbon végétal pour la fabrication de la fonte, tandis que l'affinage se fera au réverbère, alimenté, selon les circonstances, par de la houille, de la tourbe, du bois, ou des combustibles gazeux.

Il convi[ent] de réser[ver] le charbon v[égétal] pour la fo[nte] des mine[rais]

D'après M. Tunner, les premiers essais pour acier puddlé ont eu lieu, vers 1835, dans l'usine de Frant-

Historiq[ue] de l'acier pudd[lé]

(1) Outre les mémoires de MM. Janoyer et Lan, nous devons mentionner ici, comme ayant rapport au même sujet : 1° plusieurs articles de M. Tunner dans les *Annales de Leoben*; 2° la description de la méthode suivie à l'usine de Lohe par M. Düber (*Journal de Carnall*, tome II, page 161); 3° une tra-

tous les pays de forges : en Belgique, en Angleterre, en France, en Autriche, etc.

La méthode de fabrication n'est pas d'ailleurs identiquement la même dans toutes les forges. Soit dans les brevets, soit dans le mode réellement suivi, on peut constater quelques différences qui tiennent, soit à la nature des matières employées, soit au produit spécial que l'on cherche à obtenir, soit enfin à certains tours de main, adoptés, dès l'origine, ou graduellement, par les ouvriers spéciaux des diverses forges. Cette circonstance, et le désir de compléter, autant que possible, les faits cités par MM. Janoyer et Lan, m'engagent à publier, à la suite de leurs intéressants mémoires, quelques observations sur le même sujet.

But spécia du présent trav

Les principes, ou les réactions, sur lesquels repose l'affinage pour acier, sont en réalité les mêmes au réverbère comme au bas foyer. Dans les deux cas, on cherche, par des moyens analogues, à enlever à la fonte la totalité de ses matières étrangères, tout en lui conservant une fraction notable de son carbone.

Principe de l'affinag pour acier

Rappelons d'abord ce qui se passe spécialement dans nos bas foyers; mais, au préalable, observons encore que l'acier est loin d'être un produit nettement défini. Le fer peut retenir, ou absorber, sans devenir de la fonte, depuis 0,005 jusqu'à 0,025 de carbone; de là les divers produits connus sous les noms de *fer aciéreux*, *acier doux*, *acier dur*. Il suit de là que, dans l'affinage pour acier, la fin de l'opération n'est pas annoncée par des signes aussi tranchés, aussi caractéristiques que dans l'affinage pour fer; et que, dans une même opération et avec les mêmes fontes, on peut, selon l'adresse et l'attention de l'ouvrier, obtenir des aciers plus ou moins durs et plus ou moins carburés.

pour ce métal. Les anciennes théories des procédés d'affinage qui reposent, en grande partie, sur l'action directe de l'oxygène de l'air, me paraissent donc pécher par la base. Ainsi, lorsque, dans un bas foyer, les gouttelettes de fonte traversent, au devant de la tuyère, la zone de combustion, elles s'affinent, non parce que le carbone et les autres éléments accessoires de la fonte sont oxydés par l'air, mais parce que le fer en excès absorbe l'oxygène libre, ou décompose l'acide carbonique.

Le silicium et le phosphore s'oxydent avant le carbone.

Mais dès qu'il produit une proportion d'oxyde de fer, ou bien si, dès l'origine, on en ajoute une certaine dose (sous forme de battitures ou de scories basiques), alors une autre affinité vient se joindre à l'affinité simple du corps comburant pour les gazolithes, c'est celle des acides silicique et phosphorique pour l'oxyde de fer, ou en général pour les bases; et cette deuxième affinité est elle-même aussi d'autant plus exaltée que la masse des bases s'accroît relativement à celle des éléments qui engendrent les acides.

Ainsi, non-seulement une fonte sera en général dépouillée de la majeure partie de son silicium et de son phosphore, avant le départ des autres éléments, mais encore cette épuration sera d'autant plus complète que l'on aura ajouté, dès l'origine, plus de battitures ou de scories riches. On sait, en effet, depuis longtemps, principalement par les analyses de M. Berthier, que pendant l'acte même de la fusion de la fonte, la majeure partie du silicium et une forte proportion de phosphore passent dans les scories, tandis que le soufre et surtout le carbone sont à peine attaqués, aussi longtemps que l'oxyde de fer est en proportion faible et que la fonte retient encore du silicium. Tel est en particulier l'effet du mazéage et de la première phase d'un

énergique ou se prolonge trop, tout le carbone sera forcément oxydé : on aura du *fer*. Si, au contraire, on la modère, ou si on l'arrête au moment voulu, on aura de l'*acier*, ou encore, dans un grand nombre de cas, comme nous le verrons bientôt, un *fer cru* incomplétement épuré. Si l'on compare, en effet, les procédés d'affinage pour acier aux procédés d'affinage pour fer, on verra qu'ils se distinguent les uns des autres essentiellement par ce caractère.

Affinage pour acier au foyer.

Ainsi, dans le bas foyer, lorsqu'on veut produire de l'acier, on combat la formation trop abondante et la réaction trop énergique de l'oxyde de fer par la fusion de la fonte vers la région du contre-vent, par la suppression de tout soulèvement, par des foyers profonds à parois brasquées, par l'addition de quartz ou de scories plutôt neutres que basiques. Remarquons aussi que l'affinage pour fer ne diffère pas de l'affinage pour acier (comme on le pensait généralement autrefois), en ce que le carbone se trouve surtout oxydé *directe-*

---

n'est retenu par aucune affinité spéciale, tandis que la silice des parois du four, par son affinité pour l'oxyde de fer, favorisera précisément sa formation. Pendant cette première période aucun gaz ne se dégage de la masse. Mais dès que le fer est éliminé, l'oxyde de cuivre réagit sur le soufre et engendre, par le dégagement de l'acide sulfureux, le phénomène si connu du bouillonnement ou *travaillement*. Remarquons aussi que, dans l'affinage de la fonte, même lorsque celle-ci est sulfureuse, il se produit très-peu d'acide sulfureux. M. Berthier a constaté qu'il ne se produit réellement de l'acide sulfureux, par la réaction de l'oxyde sur le sulfure de fer, que lorsque cet oxyde est supérieur au protoxyde. La majeure partie du soufre de la fonte passe dans les scories de forge, sous forme d'oxysulfures, ou plutôt, de sulfosilicates de fer. On trouve, en effet, presque toujours du soufre dans ces scories. D'après cela, ce corp n'est séparé du fer que sous l'influence d'affinités assez faibles et l'on conçoit ainsi pourquoi il est si difficile de produire de bons fers avec des fontes sulfureuses.

[redacted]

plus pures et plus carburées que l'acier lui-même doit être plus carburé.

Mais il faut plus encore pour enlever entièrement les matières étrangères; il faut un agent plus puissant que l'oxyde de fer et qui cependant réagisse moins fortement sur le carbone de la fonte. Cet agent, c'est le *manganèse* métallique. Ayant plus d'affinité pour l'oxygène que le fer, il s'oxyde lorsqu'il est abondant, en partie directement, au moment de la fusion, mais surtout en enlevant sans cesse, au fer des scories, l'oxygène que ce dernier vient de prendre au vent. L'oxyde de manganèse, une fois formé, provoque à son tour, d'une façon plus intense, comme base forte, l'oxydation du silicium et du phosphore aux dépens de l'oxyde de fer; puis, ce silicate de manganèse ainsi produit étant, à saturation égale, plus stable ou moins réductible que le silicate de fer, agira par cela même moins énergiquement sur le carbone de la fonte. 2° des font manganésifèr

D'autre part, le manganèse ayant pour le soufre plus d'affinité que le fer devra également, sous ce rapport, hâter l'épuration des fontes; c'est sous forme d'oxysulfure et probablement aussi de sulfosilicate de manganèse que le soufre passe alors dans les scories.

Enfin, comme tous les silicates multiples, le silicate *double de fer et de manganèse* est de même plus fluide que le silicate simple de fer et paraît, en outre, conserver plus longtemps sa fluidité, en sorte qu'au moment du cinglage les scories manganésées sont plus faciles à expulser que les scories ferrugineuses ordinaires. Or, pour l'acier, c'est un point fort important, puisque, plus il est carburé et plus il faut ménager la température de la loupe et du massiau, lors du cinglage et de l'étirage.

Il suit de là que les fontes *manganésées* sont seules

être utile si on l'ajoute à l'*origine* de l'opération, lorsqu'il s'agit surtout d'oxyder le silicium, tandis qu'il empêcherait plutôt la production d'un acier dur si on en faisait un usage tardif; son action, dans ce cas, serai directement opposée à celle du manganèse de la fonte.

Résumé des caractèr spéciaux de l'affinag pour acier

Ainsi, en résumé, l'affinage pour acier, au bas foyer spécialement, est caractérisé :

1° Par l'emploi de fontes pures, manganésifères, fortement carburées;

2° Par une allure faiblement oxydante, que l'on cherche à modérer par la réaction de scories peu basiques et manganésifères, dont la fusibilité et la grande fluidité sont d'ailleurs une condition essentielle de succès au moment du cinglage.

Condition de l'affinag pour acie au four à reverbère

Si maintenant du bas foyer nous passons plus spécialement au four à réverbère, nous trouverons des conditions à peu près identiques, et au fait il ne saurait en être autrement, puisque le but est le même et que les principaux moyens d'action, l'air et les scories, sont les mêmes aussi. Au reverbère seulement, comme je l'ai déjà dit, tout est plus simple, plus facile, parce qu'on voit à chaque instant ce que l'on fait, et que les réactions oxydantes que l'on met en jeu ne sont pas sans cesse contrariées par le charbon solide.

On peut spécialement signaler trois conditions essentielles :

Première condition : fontes pures manganésées fortement carburées, et mazées.

Il faut avant tout des *fontes pures, manganésifères, fortement carburées.*

Inutile de reproduire les motifs de ce choix : ce sont les mêmes pour le puddlage que pour l'affinage allemand. On peut d'ailleurs traiter indifféremment des fontes blanches ou grises, pourvu que les premières soient au maximum de carburation (miroitantes ou lamelleuses et non fibreuses ou grenues). Cependant,

[redacted]

les fontes au coke obtenues avec le *blackband* manganésifère de Glascow.

Pour obtenir un produit bien homogène, il y aurait avantage à ne traiter, dans chaque opération, qu'une qualité de fonte; cependant, dans beaucoup de forges et dans celles de la Loire en particulier, on affine presque toujours un mélange de deux ou trois provenances. Ce sont spécialement, pour les qualités supérieures, les fontes de Savoie, de l'Isère, des Pyrénées, de l'Alélick (Bône) et parfois de Suède; pour les qualités ordinaires, les fontes de Toga et Solenzara (Corse), de Toscane, Comté et le Berry.

On préf les fontes aux fontes ma

Les fontes destinées au puddlage pour acier ne sont jamais soumises au mazéage; on les emploie *brutes*. Or, comme ces fontes mazées sont pour le moins aussi fortement carburées que les fontes brutes d'où elles proviennent (1), on se demande pour quel motif on les préfère brutes? La réponse découle naturellement des remarques déjà faites sur les réactions chimiques de l'affinage en général.

Lorsqu'on refond une fonte brute sous l'influence d'un air oxydant, l'oxyde de fer formé réagit en premier lieu, comme on l'a vu, sur le manganèse et le silicium; le carbone est protégé, et c'est là précisément ce qui explique la formation d'une fonte mazée très-carburée. Si, au contraire, on refond cette fonte mazée elle-même ou une fonte blanche brute, naturellement peu chargée de manganèse et de silicium, alors l'oxyde de fer, formé pendant la fusion, réagira sur le carbone lui-même, et on aura immédiatement un produit dé-

(1) Voir les analyses de MM. Calvert et Johnston déjà cités (*Annales de physique et de chimie*, avril 1838), et celles de M. Lan dans le tome précédent des *Annales des mines*.

d'un grain plus serré. L'eau, en refroidissant mieux la garniture en riblons oxydés des parois de fonte (le *cordon*), affaiblit d'autant la réaction de l'oxyde de fer sur le carbone.

A Firminy (chez M. Holtzer), à l'usine royale de Lohe et à Seraing (1856) on emploie exclusivement des fours à eau. En Styrie, Saint-Chamond et Vierzon, où l'acier fabriqué est plutôt doux, des fours à air. En Westphalie, selon les usines, l'un ou l'autre système. Là, comme à Saint-Chamond, on rafraîchit quelquefois par un courant d'air forcé, ou bien par un mince filet d'eau qui s'évapore à mesure. Enfin, à Niederbronn, selon le produit à fabriquer, on a recours au four à eau ou à air.

Pour éviter le ramollissement, et par suite la réaction trop forte des matières oxydées sur le carbone du métal, on donne, en général, à la sole en fonte des fours à acier une épaisseur moindre qu'à celle des fours à fer. Cette dernière a habituellement 0,08 à $0^m,09$, tandis que pour l'acier on descend souvent à $0^m,05$ et même jusqu'à $0^m,04$.

Fours de moindre dimension que pour le

Pour affaiblir l'action oxydante de l'air, il faut abréger, autant que possible, la période de fusion et en général celle des coups de feu pendant lesquels le four marche à plein tirage. Il faut donc que le four puisse atteindre en peu d'instants une température élevée; par ce motif on emploie généralement, à chauffe égale, des fours plus petits que pour le fer. Dans ces derniers, le rapport de la chauffe à la sole est ordinairement de 1 à 2,5; tandis que dans les fours à acier il dépasse rarement 1 à 2. La longueur de la sole des fours à fer est en général comprise entre $1^m,90$ et 2 mètres pour une charge de 180 à 200 kil.; tandis que celle des fours à acier est de $1^m,55$ à $1^m,60$ pour des charges de 170 à 180 kil.

[redacted]

ment les riblons oxydés que les scories basiques des fours à fer.

Pour combattre enfin l'action oxydante de l'air extérieur, il faut des portes et des clapets fermant exactement. On s'oppose d'ailleurs utilement à l'entrée de l'air extérieur, en se servant d'air forcé pour l'alimentation des fours ; c'est ce qui se pratique au Creusot, dans une partie des fours de Saint-Chamond et depuis peu aussi à Vierzon. L'air forcé rend la conduite des fours plus aisée, et offre une certaine économie de combustible ; mais le travail est plus pénible, et exige de la part du chauffeur une attention plus grande.

Troisième condition. Puddlage sous une na[ppe] de scorie[s] modéréme[nt] basiques et très-fluid[es]

La troisième et plus importante condition de puddlage pour acier est d'opérer constamment sous une nappe de scories modérément oxydantes et conservant leur fluidité à une température relativement peu élevée.

Pour ce qui regarde la fluidité, nous avons déjà vu qu'elle est réalisée par la présence du manganèse. Quant à la nature plus ou moins oxydante des scories, observons que lorsqu'on affine des fontes brutes pour fer on fait, en général, d'abondantes additions de battitures et scories riches, en sorte que le puddlage pour fer a réellement aussi lieu sous une nappe de scories. C'est ainsi que depuis fort longtemps on affine dans les usines champenoises les fontes blanches au bois. Mais entre le puddlage de ces fontes brutes pour fer et le puddlage des fontes analogues pour acier, il y a la même différence qu'entre l'affinage bourguignon ordinaire au bas foyer, et l'affinage styrien, nivernais ou rivois pour acier. Dans le premier cas, en se servant d'un foyer peu profond, d'un vent abondant et de scories *riches*, on obtient du fer, et même, en général, du fer de qualité médiocre. Dans le second, en ralentissant l'affinage, à l'aide d'un foyer relativement profond,

on ajoute spécialement des scories de réchauffage qui sont toujours cristallines et siliceuses (*crues*) à cause du quartz de la sole du four. Elles donnent de bien meilleurs résultats que les battitures et scories de puddlage que l'on avait essayées d'abord à la forge de Lohe. On s'est même servi de laitiers de hauts fourneaux riches en manganèse, mais on tombait alors dans l'excès opposé: les scories de puddlage n'étaient plus assez fluides.

A Niederbronn (Bas-Rhin) et dans quelques usines du pays de Siegen, on emploie surtout, outre les scories bien fondues de l'opération antérieure et une faible dose de battitures proprement dites, des scories *crues* provenant de la période de fusion des feux comtois ou des anciennes affineries pour acier de forge.

A Firminy (Loire), où l'on traite surtout des fontes grises, manganésifères et siliceuses, on recharge sans cesse les scories bien fondues de l'opération même. Elles sont riches en manganèse, comme on le verra ci-dessous, et par suite moyennement oxydantes. On ajoute une minime proportion de battitures proprement dites, mais parfois aussi, pour saturer l'excès de base, on jette dans le four du quartz en poudre.

D'après M. Tunner, les additions de quartz se font également en Autriche, lorsque les scories ne sont pas suffisamment crues.

Ailleurs, on ajoute de l'argile afin de rendre les scories moins oxydantes. Ce moyen est indiqué dans le premier brevet, pris en France, pour l'acier puddlé, celui du sieur Bremme (22 novembre 1849, et certificats d'addition du 11 avril et 28 août 1850) (1). Il est recommandé également, comme ayant donné des

(1) *Description des brevets d'invention*, etc., t. XVI, p. 20.

[redacted]

varier proportionnellement à sa teneur en silicium et en raison inverse de celle du manganèse uni au fer. Rarement d'ailleurs on dépasse le chiffre de 1 à 2 p. 100 du poids de la fonte. L'addition du manganèse ne se fait pas, dans toutes les usines, au même instant; mais, comme on l'a déjà vu, son intervention n'est réellement utile que vers l'origine du brassage, lorsque l'oxygène, cédé par le peroxyde et absorbé par le fer, peut encore servir à la scorification du silicium. A Saint-Chamond, cependant, j'ai vu ajouter une faible partie du manganèse vers la fin de l'opération, lorsque le bain débordait déjà depuis assez longtemps par la porte de travail, et que l'acier était sur le point de prendre nature. Mais alors, avec raison, l'ouvrier disposerait uniquement la poudre à la surface du bain et ne l'incorporait qu'après la destruction complète du peroxyde. Dans ce cas, l'effet unique du manganèse et du sel est d'augmenter la fluidité des scories.

On sait que le mélange de sel, manganèse et argile avait été proposé, il y a vingt ans environ, par le docteur Schafhaütl, de Munich, en vue d'épurer les fontes par l'action du chlore. Il est facile de constater qu'il ne se dégage dans ces circonstances que de l'oxygène et que l'argile est plus nuisible qu'utile. On la supprime en effet aujourd'hui à peu près partout. Dans quelques forges on en fait autant du sel marin, parce qu'on suppose que ce corps se volatilise en grande partie sans produire d'action chimique.

J'ai désiré savoir ce que devient le sel dans ces circonstances et, à cet effet, j'ai analysé la scorie d'acier venant de l'un des fours de puddlage de M. Holtzer, de Firminy. Elle avait coulé spontanément hors du four, par la porte de travail, vers le milieu du brassage, lors d'une opération que j'ai suivie avec la plus

renferme réellement près de 1 p. 100 de soude. L'addition de sel marin n'est donc pas inutile, la soude devant augmenter la fluidité de la scorie et favoriser le passage du silicium, du phosphore et même du soufre dans la scorie.

Une partie doit néanmoins se volatiliser, mais les éléments manquent pour en évaluer la proportion.

Degré de saturat de la scor

Il résulte aussi de l'analyse précédente que la scorie est, à peu de chose près, un silicate *bibasique*. Elle est, par suite, sensiblement oxydante; pourtant moins que cela ne paraît au premier abord, d'après son degré de saturation. Il ne faut pas oublier, en effet, qu'elle renferme 9 à 10 p. 100 d'oxyde de manganèse qui n'exerce aucune action oxydante, tandis qu'une scorie équivalente, purement ferrugineuse, renfermerait près d'un septième d'oxyde de fer en sus.

D'après les analyses de M. Lan (voir son mémoire, page 85 de ce volume), les scories de puddlage pour acier seraient souvent encore plus basiques et surtout plus riches en fer.

Les proportions extrêmes sont :

Silice	0,145 à 0,175
Protoxyde de fer	0,831 à 0,811
Oxyde de manganèse et autres bases.	0,030 à 0,014

Le rapport de l'oxygène des bases à celui de la silice se rapproche plutôt de 2,5.

Cet écart ne doit pas étonner; d'après les remarques déjà faites, la composition des scories varie nécessairement, entre certaines limites, avec la nature de l'acier produit (1). Je crois cependant la teneur en oxyde de

(1) Les scories, analysées par M. Lan, proviennent d'un puddlage sans addition de peroxyde de manganèse, et semblent ainsi plutôt correspondre à un fer aciéreux qu'à un acier proprement dit.

[redacted]

excès de silice ; tandis que les scories *douces* dépassent le plus souvent les silicates *tribasiques*.

Ainsi, dans une scorie de réchauffage à structure lamelleuse, j'ai trouvé :

		Oxygène.
Silice	0,29	0,151
Protoxyde de fer et traces d'alumine, ayant donné à l'essai par voie sèche 0,55 de fonte	0,71	0,162
	1,00	

Dans une scorie de réchauffage à grandes lames, de Dowlais, M. Berthier a même rencontré (1) :

		Oxygène.
Silice	0,424	0,220
Protoxyde de fer	0,520	0,118
Alumine	0,033	0,015

La scorie cristalline crue, du feu comtois d'Ichoux, a donné, au même savant :

		Oxygène.	
Silice	0,280	0,145	
Protoxyde de fer	0,700	0,159	0,164
Chaux	0,004	0,001	
Alumine	0,008	0,004	
	0,992		

et, en général, lorsqu'on consulte les analyses de scories crues que citent Karsten (tome III, page 71) et M. Ramelsberg, dans son ouvrage sur la métallurgie chimique (page 125), on voit que la proportion de silice varie entre 0,28 et 0,34, et celle des protoxydes de fer et de manganèse réunis entre 0,68 et 0,62, chiffres qui sont tous très-voisins de la formule du *protosilicate*.

Les scories *douces* sont au contraire plus que *tribasiques*. Ainsi, d'après Karsten, tandis que les scories

(1) *Traité de la voie sèche*, tome II, page 288 et suivantes.

four et on les empile de façon à ce que la flamme puisse entièrement envelopper chaque fragment. On ne charge à la façon ordinaire que lorsque la sole en scorie se trouve attaquée, ou ramollie, par une trop forte chaleur, à la fin de l'opération précédente. Dans ce cas, on la raffermit souvent par des aspersions d'eau ou en la couvrant de battitures de cinglage avant l'introduction de la nouvelle charge (Neuberg).

On évite de charger des fragments de trop inégale grosseur, pour que toutes les parties fondent dans le même temps. Dès que la charge est faite, on active le feu de façon à obtenir, en peu de temps, un bain à la fois très-fluide et complétement homogène; c'est alors que commence, comme pour le fer, l'affinage proprement dit. On ajoute et incorpore au bain les scories, plus ou moins *crues*, en menus fragments, et, en général, peu après, le mélange de sel et d'oxyde de manganèse; puis, dès que les scories elles-mêmes sont en fusion, on brasse à la façon ordinaire, mais, s'il est possible, avec plus d'énergie et plus activement.

Addition des agents oxyd

A ce moment, la température du four, ou plutôt celle du mélange de fonte et scories, joue dans la marche de l'opération un rôle très-important. Si les masses demeuraient entièrement fluides, il se produirait dans le four, par suite de la différence de densité, deux nappes tout à fait distinctes : la fonte sur la sole, et par dessus la couverte de scories. La réaction n'aurait lieu qu'à la surface de contact sur un petit nombre de points. Alors, malgré le brassage le plus actif, l'affinage avancerait peu. On se rapproche de cette limite extrême lorsque les fontes sont siliceuses, ou en général chargées de matières étrangères, et réclament, par suite, une épuration lente et prolongée.

Influence très-grand de la températ du four pend la période du brassag

Lorsque, au contraire, la température baisse outre

outre mesure, on se rapproche des conditions du puddlage rapide des fontes mazées. Les masses métalliques pâteuses, non protégées par les scories, s'oxydent énergiquement au contact de l'air, et les nouvelles scories basiques ainsi formées réagissent à leur tour sur le carbone de la fonte (1). Pour les qualités supérieures de fer et d'acier, il faut donc plutôt opérer à haute température, afin d'accroître la durée de la période d'épuration ; et pour l'acier, qui exige un plus grand degré de pureté que le fer, il faudra aussi en général forcer la température au moment du brassage.

Au commencement de la période du brassage, il faut également régler avec attention la dose des agents dont j'ai parlé ci-dessus, afin d'arriver, pour le silicate, au degré voulu de saturation. Pour produire du bon acier, et en général de l'acier dur, il faut plutôt appauvrir les scories, chercher à produire un silicate bibasique, riche en manganèse. L'opération sera, à la vérité, allongée et la consommation en charbon accrue ; mais on aura, par compensation, un produit supérieur, de valeur plus grande. Cependant si l'on augmentait, outre mesure, la dose de scories *crues*, le produit lui-même pourrait rester *cru* (incom-

---

(1) Tous les puddleurs savent, en effet, que pendant le brassage, entre certaines limites, on hâte l'opération (aux dépens de la qualité du fer) lorsqu'on abaisse la température, et qu'on la retarde en activant le feu. Il se pourrait aussi, comme les affinités du carbone et de l'oxygène pour le fer s'accroissent l'une et l'autre avec la température, que la réaction de l'oxyde de fer sur le carbure fut plutôt affaiblie au delà d'une certaine limite de température. Mais comme, d'autre part, l'affinité de l'oxygène pour le carbone s'accroît aussi avec la chaleur, je ne puis pas, en dernière analyse, accorder une bien grande influence aux variations de la température sur les réactions réciproques du carbure et de l'oxyde de fer.

reuse (1). C'est à ce moment surtout que les scories manganésifères rendent de grands services à cause de la faible température à laquelle on est contraint de cingler les loupes. Les scories, simplement ferrugineuses, se figent vite lorsqu'elles sont peu douces et décarburent fortement lorsqu'elles sont riches. Ainsi sans oxyde de manganèse on est toujours exposé à produire ou de l'acier *peu propre* mêlé de scories, ou de l'acier plus ou moins ferreux.

Les massiaux cinglés au marteau subissent fréquemment une sorte de ballage, surtout lorsqu'on les destine au laminage immédiat sans corroyage. Ainsi à Neuberg et Firminy on les reporte de suite, un à un, au four de puddlage, en les roulant au milieu des scories bibasiques qui baignent la sole. Cet enduit préserve l'acier contre l'action plus vive de l'air, tout en réagissant lui-même, comme faible décarburant, car on voit bouillonner légèrement le bain de scories au contact de chacun des massiaux. On réchauffe ainsi chaque massiau, selon les circonstances, l'espace de 5 à 15 minutes à clapet à demi-ouvert. On donne même deux chaudes successives lorsque l'acier est un peu *cru*, ou bien trop mêlé de scories, après le premier cinglage des loupes. Dans ce cas, à la suite de la première chaude, on repasse les massiaux au marteau, puis au laminoir après la seconde. Le double martelage améliore le produit, mais accroît le déchet et les frais. Cinglage et ballage.

(1) D'après les analyses de MM. Johnston et Calvert, la teneur en carbone s'est abaissée, lors d'un puddlage pour fer, de 1,647 p. 100 à 0,963 pendant les dix minutes qui précédèrent la formation des loupes ; de 0,963 à 0,772 pendant les cinq minutes de la confection des loupes, et de 0,772 à 0,300 p. 100 pendant le cinglage même (*Annales de physique et de chimie*, 1858, tome LII, p. 470.

ments inséparables des premiers essais. Citons quelques exemples :

A l'usine royale de Lohe, dans le pays de Siegen (1), on affine les fontes blanches manganésifères de Müsen.

En 1854, les charges étaient de 164 kil. On en passait 6 par poste de 12 heures. Les 2 heures de chaque poste se décomposaient ainsi :

Chargement et fusion.	3/4 d'heure.
Premier brassage pour l'incorporation des scories	1/4
Brassage proprement dit.	3/4
Confection des loupes et mise en état du four pour une nouvelle charge.	1/4
Total.	2 heures.

Pour achever à Lohe l'étirage de l'acier brut, le ballage se fait dans un petit foyer de chaufferie voûté, semblable à ceux qu'on emploie pour le corroyage et réchauffage de l'acier de forge.

Par poste de 12 heures chaque four est desservi, comme dans la plupart des usines allemandes, par un maître et deux aides.

Le déchet est de 20 p. 100, dont 9 au puddlage proprement dit et 11 au foyer de chaufferie.

La consommation, par tonne d'acier ballé, est de 1,612 kil. de houille dans le four bouillant à courant d'eau.

Le four de chaufferie pour ballage est principalement alimenté par les escarbilles du four de puddlage, et ne consomme en houille fraîche, par tonne d'acier ballé, que 307 kil.

Ainsi, en résumé, par tonne d'acier ballé étiré, on consomme :

(1) *Gazette des mines de Prusse ; de Carnall*, tome II.

Par tonne d'acier brut, on a consommé, en se servant de ***fours à air*;**

	POUR acier martelé.	POUR acier ballé, laminé.	MOYENNE des deux aciers.
Fonte.	1.087 k	1.193 k	1.110 k
Soit, déchet.	8 0/0	16 0/0	9 0/0
Lignite ordinaire.	2.130 k	2.190 k	2.140
(Dont le pouvoir calorifique équivaut aux 2/3 de celui d'une bonne houille.)	Journées.	Journées.	Journées.
Main-d'œuvre du puddlage. (A trois hommes par poste.)	3,01	3,15	3,06
Main-d'œuvre du cinglage au marteau pilon.	0,31	0,36	0,33
Main-d'œuvre au laminoir.	»	0,61	0,13
Main-d'œuvre totale.	3,32	4,12	3,52
La production par poste de 12 heures est de.	1.000 k	800 k	950 k

L'entretien de la sole, comme on l'a déjà dit, est plus coûteux dans les fours pour acier que dans les fours pour fer. A Neuberg, la dépense s'élève preque au double, soit 12 fr. par tonne (1).

A Eibiswald, autre forge impériale de Styrie, où le lignite est meilleur qu'à Neuberg, on ne consomme, par tonne d'acier brut simplement martelé, que 1.650 kil. au lieu de 2.130, les fontes et le déchet étant d'ailleurs à peu près les mêmes.

A Saint-Chamond et Vierzon, la consommation par tonne d'acier brut non ballé est de 15 à 1.700 kil. de bonne houille menue. Le déchet de 5 0/0 que donne M. Janoyer est faible, mais trouve en partie sa compensation dans un déchet plus élevé lors du corroyage. La production moyenne est de 750 kil. par poste de 12 heures (33 tonnes par 44 postes); ce qui donne pour la main-d'œuvre du puddlage proprement dit, 2j,67 par tonne.

(1) Il est vrai que l'on traite pour fer doux des fontes peu

Chargement et fusion.	40 minutes.
Brassage.	50
Formation des loupes et premier cinglage.	10
Premier ballage et second martelage. . .	10
Deuxième ballage et laminage.	10
Total.	120 minutes.

La production par poste est de 8 à 900 kil. d'acier ballé brut.

Le déchet est de 10 p. 100 pour le simple acier ballé, mais varie de 15 à 20 p. 100 lorsqu'on y comprend celui du réchauffage et laminage pour gros acier marchand non corroyé.

La consommation en houille menue ordinaire est de 1.800 à 2.000 kil. par tonne d'acier brut, deux fois ballé ; et la main-d'œuvre, pour le puddlage proprement dit, de $2^{f},20$ à $2^{f},50$, plus $0^{f},40$ à $0^{f},50$ pour le martelage et laminage.

Enfin à Seraing (1855) on affine, pour fer aciéreux, dans des fours à courant d'eau, diverses sortes de fontes brutes au coke, grises ou truitées. La charge est de 186 kil.; la durée de chaque opération de 2 heures 1/4 à 2 heures 1/2. On brûle exclusivement de la bonne houille en gaillettes et marche constamment à température fort élevée pour ne pas trop hâter la décarburation.

Les loupes cinglées sont directement étirées au marteau ou au laminoir, selon l'emploi qu'on veut en faire, puis trempées et classées pour le corroyage.

La consommation est de 1.800 kil. et le déchet de 15 p. 100, chiffres sensiblement plus élevés que ceux qui correspondent au traitement des fontes moins impures obtenues au charbon de bois.

Fonte.	1.300 kil.
Charbon de bois.	5.000 à 5.200 (1)
Main-d'œuvre	15f

Dans les aciéries étrangères de Styrie et du pays de Siegen, on brûle également 3 tonnes de charbon par tonne d'acier brut de forge.

La différence des prix de revient du fer et de l'acier est par suite plus grande au bas foyer qu'au four à réverbère; et, par cela même, la substitution du puddlage à l'affinage ancien offre surtout des avantages marqués dans les aciéries.

Ces avantages sont même d'autant plus saillants que l'acier puddlé est aussi recherché que l'acier de forge, tandis que le fer au bois est encore préféré au fer puddlé provenant des mêmes fontes (2). On reproche au fer puddlé de retenir constamment une forte proportion de scories. On y remédierait certainement en soumettant les lopins cinglés à une sorte de ballage immédiat, ainsi que cela se pratique pour l'acier. En général, pour obtenir, par la méthode anglaise, du fer de qualité supérieure, il suffit (comme au reste cela se fait, en Angleterre même, dans quelques forges) de puddler lentement de faibles charges à de hautes températures, puis de soumettre les lopins à un double ou triple réchauffage avec cinglage exclusif au marteau. En

(1) La consommation actuelle de la méthode de Rives à Allevard est beaucoup plus faible; mais on ne produit que de simples massiaux que l'on réchauffe ensuite à la houille.

(2) Dans la méthode allemande, on consomme deux fois autant de combustible que dans la méthode anglaise. Par tonne de gros fer marchand, il faut 2t,5 de ligneux, en puddlant et corroyant au réverbère et jusqu'à 5 tonnes, sous forme de charbon, lorsqu'on affine par la méthode allemande, les consommations en fonte et main d'œuvre étant d'ailleurs les mêmes.

profondes, on choisit les échantillons qui se trouvent au milieu de roches superficielles décomposées et fortement imprégnées de fer par l'infiltration. On recherche aussi les fragments de minerais de fer dans les lits des torrents, ainsi que les cailloux de latérite qui s'y rencontrent accidentellement (1). « Non loin d'un petit » village situé dans le Banda, dit M. Blanford, s'exploite » un minerai analogue au *Gossan* du Cornouailles. Il » est formé par une roche décomposée et riche en fer, » qui se trouve généralement à la partie supérieure des » filons. On rencontre encore de nombreux dépôts de » minerai de fer roulé à Damoodah, dans le district » houiller de Talcheer; ils sont riches, mais peu exploi- » tés (2). On préfère les minerais de la surface à ceux » qu'il faut extraire souterrainement, bien qu'en réa- » lité l'exploitation de ces derniers demande moins de » travail. Tous ces minerais sont d'ailleurs d'une qua- » lité excellente, et se trouvent à de petites profon- » deurs. »

Le charbon de bois est le seul combustible employé. Combus

Des saules qui sont assez abondants pour former d'immenses forêts servent généralement à sa fabrication; c'est seulement dans les contrées où ils ont été épuisés, qu'ils sont remplacés par d'autres essences. Dans le Cuttack, par exemple, le tronc du saule (*shorea robusta*) est employé exclusivement à la fabrication du charbon de bois.

Les procédés dont on se sert pour cette fabrication, bien que variant d'un district à un autre, sont partout

---

(1) La latérite est une roche trappéenne ferrugineuse qui est décomposée et très-répandue dans l'Inde. (Sir Charles Lyell, *Manuel de géologie*, 1856, t. II, p. 239 et 242.)

(2) On croit que ce minerai provient de collines du N.-O., qui sont situées à deux jours de distance.

spongieuse et fortement mélangée à des scories et à des fragments de charbon non brûlé.

On affine le métal qui été a obtenu, en le réchauffant et en le martelant plusieurs fois de suite. Le réchauffage a lieu dans des foyers ouverts, analogues à ceux de nos forgerons. L'opération se répète un nombre de fois plus ou moins grand, suivant le degré de pureté qu'il convient de donner à l'objet fabriqué. Le charbon non brûlé qui restait dans le métal impur disparaît d'ailleurs dans ces réchauffages successifs. Quant aux scories, elles sont fondues et exprimées par le martelage. Affinage.

La soufflerie employée, soit pour la fusion du minerai de fer, soit pour l'affinage, reste la même dans presque toute l'étendue de l'Inde. Citons comme exemple celle d'Orissa. Soufflerie.

Elle consiste en soufflets qui sont formés par deux cavités creusées dans des troncs d'arbres et ayant habituellement 6 pouces d'épaisseur sur 1 à 2 pieds. Autour de ces cavités on fixe solidement un morceau de cuir qui est percé à son centre d'un petit trou. C'est dans ce trou qu'entre un morceau de bois relié au moyen d'une corde à un bambou dont une extrémité est plantée dans le sol, tandis que l'autre se trouve immédiatement au-dessus du centre du tronc évidé. Deux appareils semblables sont placés l'un à côté de l'autre, et voici comment ils fonctionnent.

La corde reliée au bambou distend autant que possible le cuir du soufflet; il en résulte nécessairement que toute la cavité comprise entre le cuir et le bois se remplit d'air. Pour forcer cet air à se rendre dans le foyer, un homme ferme au moyen de son talon le trou du cuir pendant qu'il est tendu, et il le presse de tout le poids de son corps; de cette manière il refoule l'air qui se rend dans la cavité pratiquée dans le tronc,

ils produisent cependant un courant d'air à peu près constant et d'une force suffisante pour ces opérations.

Nous avons dit qu'aucun flux particulier n'est ajouté dans ce mode de fabrication du fer. Mais la cendre du charbon de bois contient du carbonate de potasse et de soude, ainsi qu'une petite quantité de chaux; par suite elle constitue elle-même un flux qui se combine avec la silice et avec les matières silicatées du minerai.

La cendre du charbon de bois tient lieu de flux.

Les réactions chimiques qui ont lieu dans ces fourneaux sont les mêmes que dans nos foyers d'affinage. Comme l'a montré M. Le Play, dans plusieurs mémoires et dans ses cours à l'École des mines, c'est l'oxyde de carbone qui est le principal agent réducteur dans le traitement des minerais de fer. L'intervention de la chaleur détermine la combinaison de l'oxygène de l'air avec le charbon du combustible et produit de l'oxyde de carbone. En même temps le peroxyde se change en protoxyde de fer et son oxygène se combine à l'oxyde de carbone, de manière à former de l'acide carbonique. Une partie du protoxyde de fer est réduite en oxygène et en métal; l'oxygène se combine à l'oxyde de carbone et produit une nouvelle quantité d'acide carbonique; tandis que le protoxyde non réduit se combine avec la silice des scories pour former un silicate de protoxyde de fer (1).

Réduction.

Les scories des foyers indiens sont probablement un silicate ayant pour formule $3FeO, SiO^3$; toutefois cela n'a pas été vérifié par des analyses précises. Le docteur Macnamara a fait seulement quelques essais sur des scories provenant de minerais semblables à ceux de Birbhoom, et traités d'une manière analogue. Voici les résultats qu'il a obtenus :

Scories.

(1) Voir aussi, relativement à l'affinage, les mémoires publiés dans ce volume par MM. Grüner, Lan et Janoyer.

usine dans laquelle on fabriquerait le fer et l'acier (1). Plus récemment, M. Cracroft et le lieutenant Yule ont publié de bonnes descriptions des procédés employés pour le lavage, la fusion du minerai et le travail du fer (2).

Les procédés aujourd'hui en usage dans les collines Khasi, tant pour l'extraction et le lavage, que pour le traitement du minerai, n'ont pas varié et sont bien décrits dans les publications qui viennent d'être mentionnées.

Gisement et nature du minerai de fer

Les principales mines de fer sont situées dans la région granitique, non loin de Molim, Nonkoim, Langlaikot, et du côté occidental près de Lankoi. Dans beaucoup de localités dans lesquelles il n'existe plus aujourd'hui d'établissements de lavage, des haldes gigantesques, attestent l'existence antérieure de mines et d'usines importantes. Les principaux établissements de lavage se trouvaient en général vers la limite du granite et près de sa jonction avec les formations qui le recouvrent.

Le seul minerai qu'on rencontre dans les collines Khasi est un sable fin composé de petits cristaux d'oxyde magnétique titanifère. Ce sable est irrégulièrement disséminé au milieu des roches granitiques, et quelquefois aussi dans des gneiss. Comme le granite est altéré à sa partie supérieure et même jusqu'à une profondeur considérable, il n'est pas difficile d'en extraire le minerai de fer disséminé. Il suffit, en effet, à l'aide d'une rigole de faire arriver un courant d'eau sur ce granite décomposé et changé en arène.

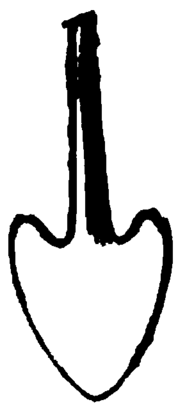
---

(1) *Journal of the Asiatic Society*, vol. 3, p. 25, janvier 1834, et n° 129, p. 853, 1842.

(2) *Journal of the Asiatic Society*, vol. 1, p. 150, 7832.

La coutume a introduit dans l'exécution de ces instruments une division complète du travail ; et chaque opération distincte est confiée à des individus spéciaux, ou même exécutée dans des localités différentes.

On fabrique les *codalies* sur une grande échelle dans certains villages dont les usines diffèrent beaucoup des foyers de réduction. Elles consistent généralement en vastes hangars, couverts et de forme allongée, qui contiennent un foyer placé à l'une des extrémités. Cinq hommes travaillent sous cet abri grossier; l'un d'eux manœuvre les soufflets au moyen de ses pieds ; le deuxième surveille le feu et dirige les opérations ; le troisième remet dans le foyer les massiaux de fer, et après les avoir chauffés au rouge vif, il change rapidement leur forme semi-circulaire et les façonne en barres. Ensuite, cette pièce est réchauffée, et au moyen d'un violent coup de marteau elle est soudée à une barre plus mince. L'assemblage de ces deux pièces, est réchauffé et forgé de nouveau; il présente un losange terminé par un manche, et constitue la *codalie* sous sa forme primitive. On la réchauffe et on la forge encore quatre fois, de manière à lui donner une forme gracieuse qui rappelle celle d'un cœur. Au début des opérations, la pièce de fer qui sert à fabriquer la *codalie* présente une épaisseur de 2 pouces sur 4 pouces de largeur ; à la fin, son épaisseur s'est réduite à un demi-pouce, tandis que sa longueur atteint 7 à 8 pouces. Quatre hommes suffisent à ce travail ; le cinquième donne à la *codalie* sa forme définitive qui est représentée par le croquis ci-contre.



Les marteaux dont on fait usage pour ces transformations paraissent gauches et difficiles à manier. Ils ont une tête très-longue, qui varie de 12 à 17 pouces;

roupie représente le prix de 6 à 8 loupes de fer brut (*cutcha*) ou de 5 *codalies*.

Les *codalies*, après avoir été forgées huit fois à chaud, sont forgées une neuvième fois à froid sur une enclume de pierre polie. Ce travail est exécuté par les trois ouvriers qui ne sont occupés ni au foyer ni aux soufflets de l'usine ; il a lieu pendant le réchauffage.

Lorsque les *codalies* ont été martelées à froid, elles reçoivent un demi-poli. Le procédé auquel on a recours est simple est assez ingénieux : en effet, des femmes ou des enfants transportent les *codalies* au bord d'un ruisseau voisin ; puis chacune d'elles est placée successivement dans une espèce de manche et traînée rapidement dans le gravier humide qui use et polit sa surface.

Les *codalies* sont vendues aux habitants des collines Khasi et s'expédient également à Assam. Il paraît toutefois que, même sur les lieux de fabrication, il y aurait encore avantage à acheter des pelles et des instruments faits en Angleterre.

Qualité du

Le fer des collines de Khasi est de qualité tout à fait supérieure et peut servir aux mêmes usages que le fer de Suède. Il donne notamment un acier *wootz* d'excellente qualité. Le minerai qui fournit cet acier provient de roches granitiques et contient du titane; son gisement porterait à croire qu'il renferme aussi du manganèse et même du tungstène. C'est du reste ce qui résulte des analyses de M. le duc de Luynes qui a trouvé ces deux métaux et surtout le manganèse dans l'acier damassé de l'Inde. Il a même constaté que le manganèse allié à la fonte et refondu avec du fer donne constamment de l'acier damassé (1).

(1) *Mémoire sur la fabrication de l'acier fondu et damassé*, par H. de Luynes. — Paris, Firmin Didot, 1844.

NOTICE GÉOLOGIQUE

SUR LES SALINES DES ZAHREZ ET LES GÎTES DE SEL GEMME DU RANG-EL-MELAH ET D'AÏN-HADJERA (ALGÉRIE).

Par M. VILLE, ingénieur des mines.

La route carrossable de Boghar à Laghouat pénètre à 88 kilomètres sud-est de Boghar dans un grand bassin fermé, contenant deux vastes salines naturelles, le Zahrez Rharbi à l'ouest, et le Zahrez Chergui à l'est. Au delà de ce bassin, elle s'enfonce dans la gorge encaissée de l'oued Melah, qu'elle suit jusqu'au poste militaire de Ddjelfa. Au commencement de cette gorge, se trouve un gîte de sel gemme désigné sous le nom de Rocher-de-Sel (Rang-el-Melah), qui est exploité de temps immémorial par les migrations annuelles d'Arabes venant des régions sahariennes méridionales, pour aller dans le Tell échanger leurs produits contre des céréales.

Depuis l'occupation de l'oasis de Laghouat par les troupes françaises, l'intendance militaire tire également du Rang-el-Melahle sel nécessaire aux besoins des garnisons de Laghouat, Djelfa et Boghar.

Un autre gîte de sel gemme très-peu connu et fort peu utilisé se trouve à Aïn-Hadjera, à 36 kilomètres sud-ouest du Rang-el-Melah.

Nous avons visité tous ces gîtes en novembre et décembre 1855, pendant un voyage d'exploration que nous avons fait d'Alger à Laghouat, à la suite duquel nous avons rédigé la notice qu'on va lire.

Cette notice comprend trois parties principales. La première traite des salines naturelles des Zahrez Rharbi

Celle du sel est indiquée tableau C, analyse n° 12 (p. 376).

Le 6 novembre 1855, la plus grande partie du sel du Zahrez Rharbi avait été dissoute par les eaux de pluies tombées au commencement de l'automne. Cependant il restait encore sur les bords du lac un dépôt de cristaux de sel marin affectant la forme de trémies, de 6 à 8 millimètres de côté. Ce sel est d'une grande pureté, ainsi que l'indique l'analyse n° 1. Il renferme, en effet, 0,9842 de chlorure de sodium. Il est recueilli par les Arabes qui campent à proximité des bords du lac, et sert pour leurs besoins domestiques, mais il n'est pas l'objet d'une extraction considérable. L'eau salée qui surnageait ce sel, le 6 novembre 1855, n'est déjà plus saturée de chlorure de sodium, dont elle renferme, au reste, une très-grande quantité (243^{g},050 par kilogramme d'eau). Cette eau est dix fois plus salée que l'eau de mer, aussi ne contient-elle pas d'animaux vivants. Si l'on compare sa composition avec celle du sel, on reconnaît que le rapport entre le poids des sels de magnésie et celui du chlorure de sodium est bien plus considérable dans l'eau salée que dans le sel lui-même; ce qui s'explique par la grande solubilité des sels de magnésie. Le sulfate de chaux est plus abondant que le sulfate de magnésie dans le sel cristallisé, et c'est l'inverse qui arrive dans l'eau salée. Cela vient de ce que le sulfate de chaux est beaucoup moins soluble que le sulfate de magnésie; dès lors, il se précipite en même temps que le chlorure de sodium, tandis que le sulfate de magnésie reste presque entièrement en dissolution.

Le 3 décembre 1855, nous avons traversé l'extrémité orientale du lac, et nous n'avons trouvé dans toute sa largeur qu'une lame d'eau fortement salée de 2 centi-

de même nature. Les sources d'eau douce paraissent abondantes sur les bords du Zahrez. En plusieurs endroits, nous avons observé à la surface du sol des bouquets de joncs indiquant la présence de l'eau à une faible profondeur. D'après la carte au $\frac{1}{400000}$, il y a une source d'eau douce à Hamla-Chergui, à l'extrémité orientale du lac, et une source saumâtre à Hamia-Rharbi, sur le bord méridional. Toutes ces sources peuvent être considérées comme des espèces d'eaux jaillissantes diluviennes.

Les bords du Zahrez Rharbi ne sont nullement escarpés, du moins à son extrémité orientale. On arrive au lac par une pente presque insensible, comme pour le grand Sebkha des environs d'Oran.

Le Zahrez Chergui (oriental) a 36 kilomètres de long sur 14 kilomètres de largeur moyenne. Ce lac, de même que le Zharez Rharbi, contient une nappe d'eau très-fortement salée. Cette eau ne renferme pas d'animaux vivants. Elle recouvre un dépôt de sel cristallisé en trémies, et servant aux besoins des Arabes campés sur les bords du lac. Zahrez Ch

La composition de l'eau du Zharez Chergui est indiquée dans les tableaux A et B, analyses nos 6 et 7 (p. 374).

Celle du sel est indiquée dans le tableau C, analyse n° 13 (p. 376).

En comparant ces analyses, on arrive aux mêmes conclusions que pour l'eau et le sel du Zahrez Rharbi, en ce qui concerne les proportions respectives des diverses substances salines. Ainsi, les sels de magnésie sont proportionnellement plus abondants dans l'eau salée que dans le sel cristallisé. Le sel du Zahrez Chergui est aussi pur que celui du Zahrez Rharbi. L'eau du Zahrez Chergui présente à peu près le même degré de salure et la même composition que l'eau du Zahrez

SUBSTANCES.	EAU du rahrez Rharbi recueillie en novembre 1855 (1)	EAU du rahrez Chergui recueillie en nov. 1855. (2)	EAU du lac salé d'Arzeu recueillie le 28 janv. 1843. (3)	EAU du grand sebkha d'Oran recueillie le 30 nov. 1848 à la hauteur du camp du Figuier. (4)
	gr.	gr.	gr.	gr.
Chlorures.	251,915	248,180	184,376	103,4870
Sulfates.	16,826	13,260	5,0280	10,2650
Carbonates.	traces.	traces.	traces.	»

La différence qui existe entre les degrés de salure provient de ce que les eaux salées du lac d'Arzeu et du sebkha d'Oran ont été recueillies au milieu de la saison pluvieuse, ce qui a notablement diminué leur teneur en sels divers.

De même que pour l'eau du Zahrez Chergui, les eaux salines (3 et 4) contiennent une proportion de sulfate de chaux de beaucoup supérieure à celle qui peut saturer 1 kil. d'eau distillée.

L'analogie de composition entre les eaux salées de ces différents lacs peut faire supposer que la salure des eaux est due à la même cause. Nous reviendrons sur cette question lorsque nous aurons fait la description des gîtes de sel gemme du Djebel Sahari et d'Aïn Hadjera.

Quantité to de sel conte dans les Zabre

Dans son mémoire sur les gisements de muriate de soude de l'Algérie, inséré dans le tome IX des *Annales des mines*, 4e série, M. l'ingénieur en chef des mines Fournel évalue par renseignement à $0^m,83$ en moyenne la hauteur de sel uniformément répartie sur toute la surface du Zahrez Rharbi, pendant le mois d'avril, alors qu'il n'y a plus d'eau dans le lac. En admettant avec M. Fournel 12 lieues de longueur et 2 lieues de large, on aurait donc 127 milliards de mètres cubes de sel, plus de 250 millions de tonneaux n'exigeant, pour être enlevés, que des frais assez minimes.

D'après cela, il est probable que l'évaluation approximative que nous donnons pour la quantité totale de sel contenue dans le Zahrez Chergui ne diffère pas beaucoup de la vérité.

On voit par ce qui précède que les deux Zahrez renferment d'immenses quantités de sel et pourraient donner lieu à un commerce d'exportation considérable.

Pour que l'exploitation coûtât le moins possible, on devrait la faire à la fin du printemps, alors que la plus grande partie de l'eau, sinon la totalité, aurait été évaporée par l'action de la chaleur solaire. Dans l'état actuel des choses, ces salines naturelles ne servent guère que pour la consommation des Arabes campés sur leurs bords.

La route qui mène à Djelfa passe entre ces deux salines, à une assez grande distance des points où l'extraction pourrait se faire avec quelque avantage, et comme cette route côtoie le pied du rocher de sel du djebel Sahari, les caravanes qui la parcourent aiment mieux s'approvisionner de sel au rocher même qui est un lieu d'étape. Elles n'ont ainsi aucun dérangement dans leur marche. Pour que l'exploitation des Zahrez pût se faire avec quelque avantage, il faudrait créer de nouveaux débouchés à ses produits. Cela ne pourra se faire qu'au moyen d'un chemin de fer qui s'embrancherait sur le réseau décrété dans le tell algérien par le décret impérial du 8 avril 1857. L'embranchement des Zahrez partirait d'Amoura, remonterait la vallée du Chélif jusqu'au pied de Boghar et suivrait ensuite le tracé de la route carrossable actuelle de Boghar à Laghouat jusqu'au centre de la plaine des Zahrez. Il n'y aurait de véritable difficulté d'exécution que dans le parcours de la vallée du Chélif. Le chemin de fer des Zahrez aurait une longueur totale d'environ 160 kil.

abreuver les troupeaux qui brou
dans les bas-fonds environnant
servent de barrage pour les ea
de sud. En outre, ils s'imbiber
tombe sur eux directement, et
goutte à goutte à la surface du
sableux qui est au-dessous. C'es
que l'on trouve sous les dunes de
faible profondeur.

Le poste d'el Messerar est situ
au nord des dunes. On y boit l'
On a creusé auprès du poste p
12 mètres de profondeur. Ces pu
roc dur après avoir traversé : 1°
2° des assises argilo-sableuses. I
saumâtre; aussi ne les a-t-on
sont aujourd'hui presque entièr
sables que les vents y poussent.
bris accumulés autour de ces pu
servé une roche qui s'égrène fa
sion des doigts. Elle nous a paru
analogue à celui de Guelt-el-Sett

des combinaisons en proportions diverses de silicate d'alumine et de silicate de protoxyde de fer, de magnésie et de chaux. Nous reviendrons plus tard sur les analyses de ces roches.

Le bouillon de la source salée (source n° 1) se trouve sous la masse de sel gemme, dans une légère dépression du sol. Son débit était d'un demi-litre environ par seconde le 1er novembre 1855. Il varie beaucoup selon l'abondance des eaux pluviales, c'est indiqué par les sables fins et les dépôts de sel qui couvrent son lit. L'évaporation spontanée produit sur ses bords des croûtes dont l'épaisseur peut s'élever à 5 centimètres.

L'eau que nous avons recueillie renfermait 259g,200 de chlorure de sodium par kilogramme.

Au-dessus de la source, le sel présente des escarpements à ciel ouvert, dont la hauteur s'élève jusqu'à 15 mètres. Il n'est pas régulièrement stratifié. Il constitue une masse informe à surface supérieure irrégulière, recouverte par un magma argilo-gypseux de 15 mètres environ d'épaisseur sans stratification apparente et dont le relief extérieur est également fort irrégulier. Cette masse de sel et d'argile est déchiquetée comme à plaisir; de tous côtés, des pointes argileuses s'élèvent vers le ciel. Si l'on se hasarde sur les contre-forts qui relient ces aiguilles les unes aux autres, la course devient assez périlleuse, surtout quand le terrain a été rendu glissant par la pluie. Outre les déchirures et les ravinements produits par les agents atmosphériques, il y a dans toute cette masse des entonnoirs de forme conique renversée et des cavités plus ou moins irrégulières qui menacent à chaque instant d'engloutir l'explorateur trop imprudent. On prétend que plusieurs soldats ont trouvé la mort dans

8 mètres. Sur les bords de l'entonnoir, le sel se montre à découvert sur une hauteur verticale qui s'élève à 30 ou 40 mètres. Il n'y a ici qu'une très-petite épaisseur de magma argileux au-dessus de la masse du sel gemme, qui peut être exploité à ciel ouvert avec la plus grande facilité. Les parois qui limitent le fond de l'entonnoir s'élèvent, par une pente très-roide, jusqu'au point culminant du rocher de sel. En ce point, le sel gemme est recouvert par une calotte de roches stratifiées de 3 à 4 mètres d'épaisseur. Il ne nous a pas été possible d'arriver jusqu'à cette calotte; mais en examinant les blocs qui en provenaient et qui avaient roulé sur les parois de l'entonnoir, nous avons reconnu qu'ils sont formés presque entièrement de gypse blanc ou rouge réguliè-ment stratifié. Dans certains échantillons, des bandes de gypse alternent avec des bandes de calcaire gris, compacte, identique d'aspect à celui qu'on trouve dans les terrains secondaires. Il se pourrait, en raison de sa situation, que ce gypse provînt de la transformation du calcaire crétacé par des vapeurs d'acide sulfurique hydraté. De même que dans le cirque (*a*), on reconnaît dans le cirque (*b*) que le sel n'est pas régulièrement stratifié. Il présente également des zones parallèles de 3 à 4 millimètres de large, nuancées de teintes légèrement différentes et qu'on peut prendre au premier abord pour des couches. Ce sel contient à la surface de nombreux petits débris de roche violette, verte, rouge; mais à l'intérieur, il est plus pur. Sa couleur est tantôt grise, tantôt verte, et rarement blanche.

A l'ouest de l'entonnoir ou cirque (*b*) se trouve un troisième cirque (*c*) à fond plat, de 50 mètres de diamètre, traversé par une source salée débitant un quart de litre environ par seconde. La source jaillit du milieu

gique. Les grès sont à grains
marneux jaunâtre ou rougeâtre,
Le poudingue renferme de nomb
subcristallin, café au lait clair,
ches en place dans le terrain
Oukeïl.

Vers le nord-est, les couches t
contre la masse salifère et sont ho
distance. Au sud-ouest, le long
l'oued Melah qui vient baigner le
les couches tertiaires sont redres
lement contre la masse saline, e
aussi au nord-est (Pl. III, *fig.* 6).

Au sud-est dans le cirque (*e*)
se relèvent contre le bord extéri
fère, et un arrachement a déterm
la formation du cirque (*e*) ainsi qu
(Pl. III, *fig.* 2). Le sommet (*a*), de la
à 8 ou 10 mètres au-dessus du fon
quel on remarque les affleurement
ches de grès et de poudingues. Ce
gées N. 115° E.*m* et plongent au
angle qui se ...

contact du magma gypsosalifère sur 3 à 4 mètres de large; mais au delà toute stratification cesse sur le magma.

Le terrain secondaire se montre au jour en contact immédiat avec la roche salifère, sur le côté nord du pourtour de cette dernière. Il commence à la partie inférieure par le conglomérat formé de débris de roches secondaires et dont on a déjà parlé au commencement cet article. Les couches de ce poudingue sont relevées par la masse de sel gemme, ainsi que l'indique la *fig.* 4, Pl. III. Elles supportent en stratification concordante des couches de quartzites très-durs, d'un gris clair en dedans, brun au dehors, ayant chacune 1 à 2 mètres de puissance. Sur le prolongement du rideau que ces poudingues déploient à la surface de la masse salifère, on observe des assises presque verticales de calcaire gris bleuâtre très-compacte avec bancs de marnes schisteuses et de quartzite intercalés. Ces roches ont le *facies* des roches crétacées de la Chiffa. Nous avons mentionné, page 364, les fossiles trouvés au rocher de sel par M. Renou; ils indiquent que les marnes secondaires encaissantes appartiennent à la craie chloritée. Tout près du contact du magna salifère nous avons observé dans les marnes crétacées un filet de pyrite de cuivre de 2 à 3 millimètres d'épaisseur. Ces marnes sont elles-mêmes recouvertes de taches vertes de carbonate de cuivre. Ces indices cuprifères paraissent n'avoir aucune suite en profondeur. Le gardien du poste du rocher de sel y a exécuté quelques fouilles qu'il a abandonnées à cause du peu d'importance du gîte.

Filets de p de cuiv dans les m crétacé qui encais le rocher d

Au milieu du magma gypsosalifère, on remarque aussi des enclaves de calcaire secondaire noir, en couches régulières et presque verticales telles que *ab* (*fig.* 5, Pl. III). Ce sont des coins qui n'ont aucun rapport de

déversent au nord dans le ba
dans l'oued Melah. Au nord
fond d'un ravin qui sépare le
de manteau au rocher de sel
allongé de l'est à l'ouest.
magma argilogypseux se trou
ce ravin entre les terrains te
terrain diluvien ne présente pa
dérangement violent comme l
tertiaire. En l'étudiant dans la
on reconnaît qu'il renferme de
salifère, tels que paillettes de
taux de gypse, roches vertes, v
paraît-il probable que ce diluvi
parition de la masse gypsosali

Une coupe complète menée
au sud-ouest *m*, à travers la m
fig. 6, Pl. III. Elle indique la
rains stratifiés par rapport à la

Si l'on rapproche tous les fai
ticle, savoir : le relèvement tr

et les couches stratifiées de divers âges qui l'enveloppent d'un double manteau;

La différence frappante qui existe entre le relief extérieur de ces roches stratifiées et le relief extérieur du rocher de sel;

La constitution intime de la masse argilosalifère qui comprend : 1° à la partie inférieure un amas considérable de sel gemme sans aucune stratification terminé en-dessus par une surface très-irrégulière; 2° à la partie supérieure, un amas considérable d'argile gypseuse également sans stratification apparente, contenant des débris à angles vifs d'une roche silicatée diversement colorée;

La présence au milieu du magma argileux, 1° de fer oligiste en paillettes micacées; 2° de cristaux plus ou moins agglomérés de gypse hydraté;

La transformation en gypse hydraté de fragments de couches de calcaire secondaire englobés à la surface du magma argileux;

Enfin l'existence de ces débris de roches silicatées que l'on retrouve dans la plupart des gîtes de plâtre et de dolomies associés à des roches éruptives, telles que diorites, dolérites, gneiss, basaltes, roches silicatées que l'on doit considérer dès lors comme des roches éruptives.

Tous ces faits donnent lieu de penser que le gîte du rocher de sel est le résultat d'une éruption boueuse et saline qui s'est opérée à travers les assises superposées des terrains crétacé inférieur et tertiaire moyen.

Cette éruption s'est produite sur la zone de contact de ces deux terrains, ainsi que cela arrive fréquemment pour les gîtes de plâtre d'origine métamorphique.

Les *fig.* 6 et 7 indiquent d'une manière approximative la disposition respective des divers terrains autour du rocher de sel.

… d'eau.

	EAU du Zahrez Chergui, recueillie le 7 nov. 1855 après une série de beaux jours sur le bord du lac. (6)	EAU de la source salée (a), recueillie le 1er nov. 1855, sur le flanc N.-O. du rocher de sel du djebel Sahari. (7)	EAU de la source salée (c), recueillie le 1er nov. 1855, sur le flanc sud du rocher de sel du djebel Sahari. (8)	EAU de l'oued Melah, recueillie le 2 nov. 1855 à 500 mètres en aval du rocher de sel du djebel Sahari. (9)	EAU de l'oued Melah, recueillie le 2 nov. 1855 à 500 mètres en amont du rocher de sel du djebel Sahari. (10)
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
	237,740	259,200	253,000	1,5078	0,3601
	»	»	»	»	»
	10,440	0,971	1,670	»	0,0296
	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»
	248,180	260,171	254,670	1,5078	0,3897
	»	»	»	»	»
	»	»	»	0,2537	»
	9,130	0,496	0,280	0,4674	0,3448
	4,130	0,352	4,600	0,5765	0,6578
	13,260	4,848	4,880	1,2976	0,0026
	traces	0,030	0,026	0,0106	0,0257
	»		0,008	0,1540	0,1280
	»	y compris la silice.	»	»	0,0040
	»	0,030	»	»	»
	traces	»	0,010	0,0030	0,0040
	traces	0,060	0,044	0,1676	0,1617
	indéterminée.	indéterminée.	indéterminée.	indéterminée.	indéterminée.
	261,440	265,079	259,594	2,9730	1,5540
	1,2086	1,2057	1,194	»	»
	VILLE.	VILLE.	DE MARIGNY.	VILLE.	DE MARIGNY.

… sodium pris pour unité.

	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	1,000	1,000	1,0000	1,000	1,000
	»	»	»	»	»
	0,044	0,004	0,0066	»	0,082
	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»
	»	»	»	»	»
	»	»	»	0,168	»
	0,038	0,002	0.0011	0,310	0,958
	0,017	0,017	0,0181	0,382	1,826
	»				
	»				
	»	0,002	0,00 2	0,111	0,449
	»				
	»				
	1,099	1,025	1,0260	1,971	4,315

[redacted]

La richesse en chlorure de sodium variant par kilogramme d'eau de 27 grammes à 259gr,2, la richesse en sels d'autre nature varie de 5gr,8790 à 25gr,6910, mais non d'une manière graduelle comme la richesse en chlorure de sodium.

La densité augmente également avec la teneur en sels de toute nature. Il y a cependant quelques faibles exceptions pour les eaux nos 8 et 7.

Pour établir une comparaison plus complète entre toutes les eaux salées, nous avons indiqué dans le tableau B le rapport en poids de chaque combinaison saline au chlorure de sodium pris pour unité. Ce tableau peut se résumer de la manière suivante :

Nos d'ordre des analyses.	DÉSIGNATION DES EAUX SALÉES.	CHLORURE de sodium.	RAPPORT de l'ensemble des autres sels au chlorure de sodium pris pour unité.
		gr.	gr.
7°	Eau de la source (a) du rocher de sel, recueillie le 1er novembre 1855.	1,000	0,0250
8°	Eau de la source (e) du rocher de sel, recueillie le 1er novembre 1855.	1,000	0,0260
5°	Eau du Zahrez Rharbi, recueillie le 3 décembre 1855.	1,000	0,0394
2°	Eau du lac d'Arzeu, recueillie le 28 janvier 1848.	1,000	0,0910
6°	Eau du Zahrez Chergui, recueillie le 7 novembre 1855.	1,000	0,0990
4°	Eau du Zahrez Rharbi, recueillie le 6 novembre 1855.	1,000	0,1040
3°	Eau du sebkha d'Oran, recueillie le 30 décembre 1848	1,000	0,1580
1°	Eau de la mer.	1,000	0,2730

En considérant comme pures les eaux qui ne contiennent que du chlorure de sodium.

On voit par ce tableau que les sources salées émergeant du rocher de sel sont beaucoup plus pures que toutes les autres. L'eau du zahrez Rharbi, recueillie le 3 décembre 1855 sur la lisière nord-est du lac, approche

cube environ par seconde le 2 novembre 1855. Cette eau renferme par kilogramme $1^{gr},554$ de sels divers parmi lesquels dominent les sulfates de chaux et de magnésie. Après avoir dépassé l'îlot formé par le rocher de sel, les eaux de l'oued Melah contiennent par kilogramme $2^{gr},973$ de sels divers. Cet accroissement de matières salines est dû à une certaine quantité de sulfate de soude et de chlorure de sodium. En amont du rocher l'eau renferme par kilogramme $0^{gr},3601$ de chlorure de sodium. En aval elle renferme $1^{gr},5078$, c'est-à-dire environ 4 fois plus. On voit donc que l'action du rocher de sel sur les eaux de l'oued Melah est assez sensible ; cependant elle n'est pas assez forte pour rendre ces eaux impropres à la boisson des animaux domestiques et à l'irrigation. Le débit de l'oued Melah étant très-notable en toute saison, l'administration de la guerre se propose d'utiliser les eaux en aval du rocher de sel, au moyen d'un barrage, pour irriguer les plaines quaternaires comprises entre le djebel Sahari et le Zahrez Rharbi (1). Cette opération transformerait sans nul doute l'aspect d'un terrain qui est aujourd'hui presque sans valeur et ne produit que de maigres pâturages pour les troupeaux de moutons et de chameaux.

En aval du rocher de sel, l'eau de l'oued Melah renferme par kilogramme $0^{gr},2537$ de sulfate de soude, tandis qu'elle n'en renferme pas en amont du même rocher. Cet élément lui est donc fourni par le lavage de ce rocher.

Les eaux de l'oued Melah contribuent à augmenter la quantité de matières salines qui arrivent annuellement dans le Zahrez Rharbi. Mais on ne doit pas exa-

(1) Ce barrage a été construit depuis que cette notice a été rédigée.

cessairement, pour la majeure partie, d'une autre origine que le rocher de sel du djebel Sahari, et dès lors il doit en être de même pour le chlorure de sodium. Du reste, un autre calcul amène à la même conclusion. Si l'on admet que l'oued Melah déverse constamment 1 mètre cube d'eau par seconde dans le Zahrez Rharbi, et que cette eau renferme 1^{k},50 de sel marin par mètre cube, cette rivière apportera annuellement 47.304 tonnes de sel marin dans le Zahrez. En adoptant pour la teneur actuelle en sel marin dans le Zahrez le nombre 250 millions de tonnes qui a été indiqué approximativement, il faudrait 5.285 ans environ pour que l'oued Melah ait pu produire le Zahrez Rharbi. Ce nombre de 5.285 ans est certainement un minimum, parce que le débit moyen de l'oued Melah n'est pas de 1 mètre cube à son débouché; et comme de plus il fait remonter à une époque antérieure à celle de la dernière révolution du globe, nous pensons que l'on doit rejeter l'hypothèse de la formation de la nappe salée du Zahrez Rharbi par la simple évaporation des eaux de l'oued Melah. L'oued Melah contribue pour sa part à l'alimentation de cette grande saline naturelle, de même que tous les autres affluents qui vont se jeter dans cette saline.

Du reste, l'oued Melah ne traverse pas le sel gemme lui-même, il passe sur des argiles gypseuses associées au sel, et quant aux sources salées sortant des flancs du rocher de sel, on a vu qu'elles sont presque à sec à leur confluent dans l'oued Melah. L'oued Hadjera, qui traverse l'îlot de sel gemme du même nom, roule très-peu d'eau et se perd dans les alluvions avant d'arriver dans le zahrez Rharbi.

Les eaux des affluents des deux Zahrez renferment des chlorures, des sulfates et des carbonates. Elles arrivent dans des bassins fermés où elles sont soumises à

[redacted]

nées. La richesse en chlorure de sodium varie de 0,9170 à 0,9834. Il contient :

Sulfates	0,0063 à 0,0247
Carbonates terreux et argile . . .	0,0120 à 0,0541
Eau	0,0040 à 0,0065

Le sel gemme blanc du djebel Sahari est comparable par sa pureté au sel marin du Zahrez Rharbi ; mais on ne peut conclure de là que le sel du Zahrez Rharbi provient exclusivement du sel gemme du djebel Sahari, puisque celui-ci renferme des variétés beaucoup moins pures que le sel du Zahrez.

Les échantillons du sel gemme que nous avons recueillis ne renferment pas de sulfate de soude. Cependant comme cette substance se trouve dans l'eau de l'oued Melah en aval du rocher de sel, on comprend qu'elle peut se trouver aussi dans certains échantillons de sel gemme. C'est en effet ce qui a été constaté par M. Fortier, pharmacien-major à Médéah.

La moyenne des analyses a donné à M. Fortier :

Chlorure de sodium	0,84150
Chlorure de magnésium . . .	0,00190
Chlorure de calcium	0,00605
Sulfate de soude	0,01025
Eau	0,00500
Matières terreuses insolubles.	0,13500
Perte.	0,00030
Total.	1,00000

Ces échantillons sont encore plus impurs que ceux que nous avons recueillis nous-même.

Le stalactites blanches de sel gemme, analyse n° 17, renferment 0,9806 de chlorure de sodium et 0,0142 de sulfate de chaux. Elles sont donc plus chargées de plâtre que le sel gemme blanc qui ne renferme que 0,0063 de sulfates ; mais elles contiennent moins de ma-

[redacted]

au calcaire crétacé qui forme une espèce de chapeau sur le point culminant du Rang-el-Melah. Ce gypse renferme 0,7779 de sulfate de chaux et 0,1780 d'eau combinée. Cette proportion d'eau ne suffit pas pour produire du sulfate de chaux hydraté ayant pour formule $SO^3 CaO + 2HO$; de sorte que le gypse dont il s'agit serait un mélange de sulfate de chaux hydraté et de sulfate de chaux anhydre. Ce dernier forme environ 10 p. 100 du poids de la roche.

L'analyse n° 22 appartient à la marne schisteuse du terrain secondaire encaissant le rocher de sel. Cette marne est très-dure, bacillaire et de couleur grise. Elle ne renferme que des traces indosables de chlorures et pas de sulfates, 0,1850 de carbonates de chaux et de magnésie, 0,7821 d'argile et 0,0387 d'eau hygrométrique et combinée. L'argile contenue dans cette marne présente une composition assez complexe. C'est un silicate multiple renfermant diverses terres, de la soude et du protoxyde de fer. Analyse n°

Les quantités d'oxygène contenues dans les bases et la silice sont les suivantes :

Silice	0,4850	»	0,2520
Alumine	0,1690	»	0,0791
Protoxyde de fer	0,0538	0,0120	0,0324
Protoxyde de manganèse	traces.	traces.	
Chaux	0,0088	0,0025	
Magnésie	0,0195	0,0076	
Eau combinée	0,0307	»	0,0273

Les rapports entre les proportions d'oxygène ne sont pas assez simples pour qu'on puisse en déduire une formule atomique.

L'analyse n° 23 appartient au magma argileux associé au sel gemme du djebel Sahari. Ce magma renferme : Analyse n° 2

Dans tous ces silicates il existe un rapport simple entre l'oxygène des bases RO et celui de l'alumine.

Ce rapport est	: : 1 : 3	dans la roche n° 25.
	: : 1 : 2	dans la roche n° 26.
	: : 1 : 1	dans la roche n° 27.

La silice en excès a été dosée par différence en calculant d'abord la proportion de silice nécessaire pour faire des combinaisons simples. En partant de cette hypothèse on trouve les formules suivantes :

N° 25 . . . $[(3SiO^3)Al^2O^3]^2 + SiO^3, 3(MgO, FeO) + 4HO$;

N° 26 . . . $[(3SiO^3)Al^2O^3]^2 + SiO^3, 3(MgO, FeO) + 4HO$;

N° 27 . . . $SiO^3 Al^2O^3 + SiO^3, 5(MgO, CaO, FeO) 2HO$.

Il y aurait ainsi dans ces roches le silicate basique $SiO^3, 3RO$ combiné à divers silicates d'alumine.

Ces roches et surtout le n° 27 sont remarquables par la forte proportion de magnésie qu'elles renferment. Elles s'écartent beaucoup de la composition des argiles ordinaires qui ne contiennent que des traces de magnésie. Elles diffèrent de la marne schisteuse secondaire, en ce qu'elles ne contiennent pas d'alcali et que leur densité est plus faible.

Comme ces différents silicates se présentent dans la plupart des gîtes de plâtre associé à des diorites, nous pensons qu'ils sont eux-mêmes une variété de roche éruptive, et que dans le gîte du rocher de sel, ils tiennent la place de la roche éruptive dioritique que nous n'avons pas observée.

Le sel gemme du djebel Sahari est exploité depuis un temps immémorial par les indigènes dans le grand cirque (*b*) (*fig.* 7). On voit de tous côtés des traces d'exploitation à ciel ouvert, sur les nombreuses aiguilles de sel qui hérissent la base de ce cirque. Le sel est abattu au pic, ce qui rend le travail d'extraction

Système d'exploitati[on] suivi pou[r] le rocher de [sel]

D'après cela, la surface totale d'évaporation disposée auprès des sources est de 467 mètres carrés.

Elle est suffisante pour fournir le sel nécessaire aux besoins des populations de Boghar, Djelfa et Laghouat.

Un soldat qui réside au poste du rocher de sel, fournit à lui seul toute la main-d'œuvre nécessaire pour l'entretien des bassins et l'extraction du sel. On voit donc que le prix de revient du quintal métrique de sel est presque insignifiant, lorsqu'on le retire des bassins de cristallisation ; tandis que l'abatage du sel en roche exige nécessairement plus de main-d'œuvre et de frais divers.

Les Arabes se contentent souvent de ramasser les croûtes de sel qui se déposent le long des rives des diverses sources, en aval des bassins de cristallisation.

Il serait facile d'augmenter la production, si cela devenait nécessaire. Il suffirait de généraliser l'exploitation du sel en roche et celle des sources salées.

La première pourrait se faire à ciel ouvert pendant une longue série d'années dans les cirques *a* et *b* et principalement dans le cirque *b*, où le sel gemme forme des talus très-roides de 30 à 40 mètres de hauteur verticale, sans être recouvert par le magma gypseux. L'exploitation se ferait par gradins droits et à la poudre, à cause de la grande ténacité de la roche ; on séparerait par un triage fait à la main le sel qui serait trop mélangé de parties argileuses. Le déchet ainsi obtenu serait utilisé à son tour, en le dissolvant dans l'eau de l'oued Melah, dans des bassins en argile damée qu'on disposerait auprès de la rivière. On retirerait ensuite le sel par l'évaporation spontanée qui s'opérerait dans les mêmes bassins.

Plus tard l'exploitation à ciel ouvert serait remplacée par une exploitation souterraine par puits et galeries.

Quant aux diverses sources salées émergeant du ro-

donneront certainement une quantité de sel plus que suffisante pour les besoins probables des populations de Boghar, Djelfa et Laghouat.

— Le gîte de sel gemme d'Aïn-Hadjera est situé à 36 kil. SO du Rang-el-Melah, sur le bord méridional du bassin géographique des Zahrez (*fig.* 11, Pl. III). Il forme un piton conique isolé qui s'élève au milieu du terrain diluvien. De même que celui du Rang-el-Melah, il paraît dû à un soulèvement de boues argileuses, gypso-salifères. L'affleurement du gîte présente une surface à peu près circulaire d'environ 1.000 mètres de diamètre. On voit qu'il est plus considérable que celui du Rang-el-Melah; mais le sel gemme s'y montre au jour sur des espaces beaucoup plus restreints. L'affleurement le plus important se trouve sur la rive droite de l'oued Hadjera où il produit un escarpement vertical de 50 mètres de longueur sur 4 mètres de hauteur moyenne. Il est recouvert par un magma argilo-gypseux, violacé, de même épaisseur, qui nous a paru se modeler sur les ondulations de la face supérieure de l'amas de sel. Enfin le tout est recouvert par le manteau diluvien plongeant au NO, et composé de marnes argileuses à la base et de 1 mètre de travertin jaunâtre, très-dur au sommet.

Gîte de sel gemme d'Aïn-Hadjera.

La *fig.* 8 indique la disposition respective du terrain salifère et du terrain diluvien. Elle montre que le terrain diluvien a comblé les dépressions existant à la surface du terrain salifère et a produit au-dessus un manteau plat plongeant au nord-ouest de 2 à 3 degrés. Il résulte, en effet, de l'examen de l'ensemble du gîte salifère d'Aïn-Hadjera qu'à l'exception de deux mamelons qui s'élèvent au-dessus du niveau général de la plaine, le terrain diluvien recouvre partout le terrain salifère. Ce dernier a été mis à jour par

... que au Rang-el-Melah. Il y
sidérables exclusivement comp
de gypse blanc de 2 à 3 centim
dans tous les sens.

Nous n'avons vu le sel gem
seulement :

1° Dans l'escarpement décrit
droite de l'oued Hadjera;

2° Au pied du pic principal
n'apparaît au jour que sur 1 m
tres de long.

Un Arabe de la localité, qui
nous a affirmé qu'il n'y avait p
de sel gemme.

Ce sel est généralement gris;
sont comparables pour leur pu
Rang-el-Melah. Leur compositio
n° 19, tableau C. Le sel en roc
Arabes des environs, l'objet d'u
ouvert fort peu active. On obser
coups de scie sur l'escarpemen

galeries à laquelle on devrait sans doute avoir recours plus tard.

L'oued Hadjera, qui roule de l'eau douce en amont du gîte de sel, se sale en passant à travers le magma gypso-salifère ; et, en arrivant au pied du grand pic, il est très-salé au goût et complétement impotable. Cependant il ne l'est pas autant que les sources salées (*a*), (*e*) du Rang-el-Melah, et l'on ne voit sur ses bords que de rares traces de sel cristallisé.

Au pied du grand pic, il y a une plaine circulaire de 500 mètres environ de diamètre, limitée de tous côtés par le magma gypso-salifère. Les divers affluents qui le traversent pour se jeter dans l'oued Hadjera ont leurs cours indiqué par une faible trace blanche de sel marin.

L'oued Hadjera roule 5 à 6 litres environ par seconde. Il serait facile de faire le long de ses bords de vastes bassins de cristallisation en argile damée dans le grand cirque cité plus haut. Le grand pic se dresse à 60 mètres environ au-dessus du fond argilo-sableux de ce cirque ; ses parois éminemment argilo-gypseuses, vertes et rouges, sont déchiquetées par les agents atmosphériques ; mais on n'y voit pas au même degré qu'au Rang-el-Melah ces grandes fentes et ces entonnoirs profonds venant de la dissolution du sel gemme. Cela semblerait indiquer que l'amas de sel gemme d'Aïn-Hadjera est moins important que celui du Rang-el-Melah.

Sur le bord de l'une des déchirures du grand pic nous avons remarqué des argiles plastiques grises et rouges telles que *a*, *b*, qui au premier abord paraissent faire partie intégrante de la masse gypso-salifère (*fig.* 9). Ces argiles sont stratifiées et comme rubannées. Elles renferment de nombreuses empreintes végétales, carbonisées en partie seulement, et de petites coquilles d'eau

alluviennes.

Calcaire crétacé bitumineux enclavé dans le gîte salifère.

Du côté est du grand pic, on
terrain gypso-salifère de nombr
noire qui de loin pourrait être
d'origine éruptive; mais le plus
que c'est du calcaire crétacé, p
lèvement salifère. Ce calcaire es
Quelques échantillons renferme
Ces calcaires noirs forment en
verticales régulières enclavées c
le magma gypseux (*fig.* 10). Ce
considérable et à un mètre d'épai
de long et deux mètres de profon
voit du calcaire cristallin mêlé de
n'est aussi qu'une modification d

Terrain tertiaire redressé par le massif salifère de l'oued Hadjera.

Au sommet du grand pic il y
dingue à pâte calcaire jaunâtre
Cette couche plonge au sud asse
elle avait été redressée par l'appa
fère. Par analogie avec ce que n
Rang-el-Melah, nous pensons
question appartient au terrain te

tie partie par le terrain diluvien. Du côté nord, nous l'avons figuré en b' quoiqu'il n'affleure pas au jour.

Le terrain crétacé constitue le massif du djebel Lelif, à 4 kilomètres sud du gîte de sel gemme. On en trouve un petit coin enclavé en c'', à la surface du gîte salifère. Nous l'avons supposé en c' sur le revers nord-ouest du gîte, bien qu'il n'affleure pas au jour de ce côté.

A l'est du grand pic, se trouve un piton isolé verdâtre, moins haut de 20 mètres environ, saillant au-dessus du magma gypso-salifère qui l'enclave et composé d'une brèche de couleur verdâtre où l'on ne reconnaît pas de stratification. Ce piton paraît être une corne de roche éruptive, dont l'aspect est le même que celui du silicate verdâtre, analysé n° 27, tableau D. Il est probable que cette roche remplace ici les diorites qui sont si fréquemment associées au gypse d'origine éruptive.

La description du gîte de sel gemme d'Aïn-Hadjera vient confirmer les conclusions auxquelles nous sommes arrivé pour l'origine et l'époque de l'apparition du massif de sel gemme du Rang-el-Melah. Nous pensons que l'on doit considérer ces deux gîtes de sel gemme, comme le résultat d'éruptions argileuses, gypso-salines qui sont sans doute contemporaines, et se sont produites à travers une double enveloppe de terrain crétacé inférieur et de terrain tertiaire moyen, antérieurement à la période diluvienne ou du moins au commencement de cette période.

L'oued Hadjera est un affluent du Zahrez Rharbi, en temps ordinaire ses eaux se perdant dans des alluvions argilo-sableuses avant d'arriver dans le Zahrez.

Si, dans un avenir qui, sans doute, est encore assez reculé, l'État voulait faciliter l'exploitation des

La première pour le Zahre:

La deuxième pour le Zahre.

La troisième pour le massif el-Melah ;

La quatrième pour le mas Hadjera.

Ces concessions pourraient « profit, si, par suite des progı dans un but d'utilité générale, à Amoura était prolongé jusqu' remonterait le Chelif jusqu'au vrait ensuite le tracé actuel de Boghar jusqu'au centre du bas: contournerait la lisière méridio il passerait à peu de distance d'. gerait par le ksar zenika dans la vient aboutir entre le djebel La Badzmit. De cette gorge, on aı jusqu'à Laghouat sans aucune (

Le trésor public ne retire auj(avantage de l'exploitation de ce

aujourd'hui de percevoir une taxe dans ces régions éloignées que nous occupons depuis si peu de temps. Mais quand l'exécution des chemins de fer, combinée avec des barrages qui faciliteront l'extension des cultures, aura transformé ce pays, toutes ces difficultés seront vaincues, et l'État, ainsi que le pays lui-même, trouveront leur intérêt à ce que l'exploitation du sel soit régularisée.

— Nous avons suivi la lisière sud du bassin des Zahrez depuis l'oued Ben Alia, situé à 11 kil. nord-est du Rang-el-Melah, jusqu'au gîte de sel gemme de l'oued Hadjera.

Nous allons faire connaître le résultat de cette exploration, parce qu'on y trouvera de nouveaux renseignements sur la constitution géologique du bassin des Zahrez.

Le terrain crétacé inférieur règne d'une manière à peu près continue sur toute la lisière sud de ce bassin. Entre l'oued Ben Alia et l'oued Melah, les couches crétacées apparentes sont formées principalement de grès dur, gris clair, et plongent régulièrement au nord-ouest *m.* de 35°. Sur la rive gauche de l'oued Melah, en marchant vers l'ouest, le terrain crétacé inférieur manque sur 8 kil. de longueur; mais après cette lacune, il reparaît d'une manière continue jusqu'auprès de l'oued Hadjia. Là, il est recouvert par le terrain quaternaire, et reparaît à 8 kil. plus loin pour former la chaîne du djebel Lelif. A l'ouest de l'oued Melah, le terrain crétacé n'a plus la même régularité qu'à l'est; il présente des ondulations de telle sorte que tantôt il plonge au nord-ouest et tantôt au sud-est *m.* Le calcaire gris domine sur le grès.

L'oued Ben Alia descend du massif crétacé du djebel et va se perdre dans le bassin du Zahrez Chergui.

viennes situées en aval. Ce l
magasiner les eaux d'orages c
abondamment pendant l'été.

Auprès de ce barrage, on
grès jaunâtre et de poudingu
couches, qui plongent de 20° e
s'élèvent de 2 à 3 mètres au p
de la plaine. Nous n'y avons
mais, d'après leurs caractère
pensons qu'elles appartiennent
logique que les grès tertiaires d
à-dire au terrain tertiaire moye

Poudingue tertiaire auprès d'Aïn-Djenaïen.

En se rapprochant encore de
l'Aïn Djenaïen qui roule un der
conde. On y observe, à fleur d
poudingue d'un mètre d'épaisseu
et plongeant presque verticaleme
poudingue est semblable à celu
et nous le classerons également d
moyen.

Ilot de terrain tertiaire moyen auprès du Rang-el-Melah.

Ce terrain tertiaire est assez
Rang-el-Melah, surtout sur la r
Melah. O

en se rapprochant de la plaine des Zahrez, le plongement général est au nord-ouest *m.* de 10 à 15°.

A Aïn Teguima, petite source située à 10 kil. ouest du Rang-el-Melah, on retrouve encore un affleurement restreint de ce poudingue tertiaire alternant avec des grès friables. Ces couches dirigées N. 70°E. *m.* et plongent presque verticalement au nord-ouest m. Enfin, auprès du rocher de sel d'Aïn Hadjera, nous avons signalé un poudingue récent analogue au poudingue tertiaire du Rang-el-Melah.

On voit, par ce qui précède, qu'il existe sur la lisière méridionale du bassin des Zahrez une bande très-étroite d'un terrain d'origine assez récente, et que nous pensons être du tertiaire moyen. Généralement, il n'affleure que sur 10 à 15 mètres d'épaisseur au plus, et 2 à 3 mètres de hauteur au-dessus du niveau général de la plaine diluvienne qui l'entoure. Ce terrain prend un plus grand développement autour du rocher de sel, et forme une espèce de golfe de 8 kil. de large qui a pénétré au milieu de la chaîne secondaire du djebel Sahari. La bande longitudinale qui affleure en quelques points fort restreints de la lisière sud de la plaine quaternaire des Zahrez plonge assez fortement sous cette plaine. Nous ne pouvons dire si la même bande affleure en quelques endroits de la lisière nord du bassin des Zahrez; nous ne l'avons pas observée en descendant du caravansérail de Guelt-es-Settel par la route carrossable.

Quoi qu'il en soit, en raison du plongement général des couches vers le nord-ouest, il ne serait pas impossible qu'on y trouvât des nappes ascendantes dans la partie du bassin des Zahrez comprise entre le djebel Sahari et le djebel Oukeil. Il est clair qu'on devrait se placer sur la lisière nord. Comme le massif montagneux qui entoure

Il serait p d'obt de eaux jaill dans la de ter tertiaire qui se sur la lis de la p des Za

... assez notable ; et comm
moins perméables à cause de
plongement général au nord
dès lors, à fournir des eaux
ne pouvons rien dire sur la pr
nappes.

Quant au terrain crétacé, i
Kaïder au nord et le djebel Dr
ondulation recouverte par le t
doute aussi par le terrain terti
également contenir des nappes
devraient être recherchées de p
occidentale du bassin du Zah
que pour les nappes ascendantes
il nous est impossible de rien
probable qu'un sondage devrait
terrain secondaire.

Terrain diluvien formant la lisière sud du bassin des Zahrez.

Entre l'oued Ben-Alia et l'A
diluvien forme, au pied de la gr
des mamelons isolés, éminemm
couvrent le terrain tertiaire ...

les Zahrez. L'oued Melah et l'oued Hadjera, affluents du Zahred Rharbi, passent chacun au pied d'un gîte de sel gemme, et leurs eaux se salent en partie aux dépens de ces gîtes.

L'évaporation dans un bassin fermé des eaux de lavage des terrains quaternaires suffit pour expliquer la formation des salines des Zahrez.

Le sel de ces salines est l'objet d'une exploitation fort peu active des Arabes campés sur leurs bords. Il est d'une grande pureté.

Pour que l'exploitation de ces salines pût prendre un grand développement, il faudrait créer des débouchés à leurs produits ; ce qui ne pourrait se faire que par l'exécution d'un chemin de fer, qui se relierait au réseau décrété dans le Tell algérien par le décret impérial du 8 avril 1857.

L'exécution du chemin de fer des Zahrez n'aura lieu, sans doute, que dans un avenir assez reculé, lorsque la population européenne sera devenue plus compacte dans la province d'Alger. Elle permettra d'alimenter en sel marin les principaux centres qui seront répartis sur la voie ferrée centrale allant d'Oran à Constantine.

Le gîte de sel gemme du djebel Sahari, vulgairement appelé Rocher-de-Sel, Rang-el-Melah, est situé au sud-est du Zahrez Rharbi, sur la rive droite de l'oued Melah, à 22 kilomètres nord-ouest du poste militaire de Djelfa. On peut le considérer comme le résultat d'une éruption de boue argilo-gypseuse et de sel gemme qui se serait fait jour à travers les assises superposées des terrains crétacé inférieur et tertiaire moyen. Ces deux terrains sont fortement redressés autour du gîte éruptif, et lui forment à l'extérieur une double enveloppe. Des fragments de roches crétacées et tertiaires, éparses et en-

d'épaisseur. Ce sel est employé pour les garnisons de Boghar, Djelfa et Laghouat. Il est très-pur et comparable au sel gemme blanc du Rang-el-Melah. Mais le sel gemme gris est souvent mélangé de nodules de roche argileuse et trop impur pour être employé à l'alimentation à l'état brut.

Les Arabes se servent de préférence du sel en roche qu'ils exploitent à ciel ouvert à l'aide de pics. Cette exploitation est très-difficile à cause de la dureté de la roche, et ne paraît pas se faire aujourd'hui sur une grande échelle.

Pour subvenir aux besoins croissants de l'armée, il suffit d'augmenter le long des sources le nombre des bassins de cristallisation en argile damée. Ces sources bien aménagées peuvent fournir annuellement 14.000 tonneaux de sel ; ce qui correspond à une population de 1.400.000 âmes.

Si l'on voulait tirer un grand parti industriel du gîte de sel gemme, il faudrait exploiter directement la roche saline elle-même. Cette exploitation se ferait d'abord à ciel ouvert dans un grand cirque naturel de 100 mètres environ de diamètre à la base, et d'un abord très-facile. Plus tard, elle devrait être remplacée par une exploitation souterraine par puits et galeries. Les produits de la mine fourniront, par un simple triage, du sel assez pur pour être employé à l'état brut. Mais il en résultera de nombreux déchets dont on tirera parti en les dissolvant avec de l'eau de l'oued Melah, et faisant cristalliser spontanément les dissolutions qu'on opérerait dans des bassins en argile damée disposés le long de la rivière. On écoulerait les produits de la mine au moyen du chemin de fer indiqué ci-dessus.

Le gîte de sel gemme d'Aïn-Hadjera est situé à 44 kilomètres ouest de Djelfa. Il est analogue, par sa ma-

[redacted]

NOTICE

SUR LES APPAREILS FUMIVORES EMPLOYÉS EN ANGLETERRE POUR BRULER LA HOUILLE DANS LES LOCOMOTIVES.

Par M. NOBLEMAIRE, ingénieur des mines.

État de la quest en Angleterr

La question de l'emploi de la houille sans fumée dans les locomotives est une de celles qui depuis quelque temps ont le plus vivement attiré l'attention des ingénieurs anglais. Il en est bien peu qui n'aient modifié, dans ce but, les foyers de leurs machines, de manière à les approprier à la nature plus ou moins fumeuse des houilles dont ils disposaient; seul, pour ainsi dire, le Great Northern reste systématiquement fidèle à l'emploi exclusif du coke, sous le prétexte que ce combustible est le seul qui puisse s'accorder avec les grandes vitesses des trains, et qu'il produit un effet utile bien supérieur à celui de la houille. Quant à l'effet utile, le poids spécifique de la houille est supérieur à celui du coke; il peut donc en entrer davantage dans le foyer; en outre, si la température de combustion de la houille est inférieure à celle du coke, ce qui pour les machines locomotives est peu important, son pouvoir calorique est supérieur; il y a donc, au point de vue de la vaporisation, tout avantage à l'employer. La véritable raison de cette exclusion de la houille, c'est que la quantité d'air qui peut affluer dans ces machines est complétement insuffisante pour brûler la fumée, tant à cause de la faible ouverture du cendrier, que par suite de la présence dans la boîte à feu d'un bouilleur transversal qui la partage en deux parties, dont l'une, la plus rappro-

n'est jamais couverte de combustible frais ; mais cela ne résout qu'une partie du problème. En somme, il est certain que ces deux derniers moyens ne peuvent brûler sans fumée que des houilles qui en produisent naturellement très-peu.

L'appareil de M. Duméry semble avoir, dans ses essais au moins, résolu beaucoup mieux la question ; mais au prix d'un excédant de consommation considérable et d'une complication qui ne permet pas de le considérer encore comme pratique pour les locomotives.

Causes de leur impuiss

Il résulte de tout cela, que l'on ne peut regarder comme résolue la partie du problème qui consiste à mélanger complétement l'air et la fumée. Après le chargement, l'air s'introduit par le bas dans les grilles à gradin, alors qu'il devrait arriver par le haut ; dans les grilles horizontales il n'arrive pas du tout. Il faut donc forcément en venir à introduire au-dessus du combustible l'air nécessaire à brûler la fumée, et le forcer par un brassage à se mélanger avec elle. Ce n'est qu'à cette condition que le succès sera complet (1).

Tous les appareils anglais qui vont être décrits ont pris ces conditions comme point de départ ; nous verrons comment ils les ont réalisées (2).

---

(1) Dans un système de machine fixe installée aux ateliers de construction du pont de Bordeaux, M. Nepveu a bien adopté ce point de départ et introduit au-dessus du combustible un courant d'air ; mais il n'a réussi qu'incomplétement, parce que le mélange de l'air et de la fumée ne s'opère pas d'une manière satisfaisante.

(2) Pour une même nature de houille, les chemins anglais sont, sous le rapport de la combustion de la fumée, dans de plus mauvaises conditions que les nôtres. Les foyers ne sont pas plus grands en général, et l'admission de l'air y est plus restreinte pour deux motifs : la fermeture complète du cendrier et l'absence de l'échappement variable. Le cendrier est une boîte de même base que le foyer et de $0^m,15$ à $0^m,20$ de

pas eu pour toutes les marchandises économie de consommation en employant la houille ; les variations extrêmes sont du reste comprises dans le tableau suivant :

		NOMBRE de kilomètres parcourus		CONSOMMATION par kilomètre.		OBSERVATIONS.
		au coke.	à la houille.	Coke.	Houille.	
				kil.	kil.	
Machines à marchandises.	167	2.990	4.950	6,46	5,84	Minimum de consommation en coke et en houille.
	223	2.310	890	16,00	13,37	Maximum de consommation de coke.
	217	2.520	1.605	14,05	16,62	Maximum de consommation de houille.
	228	5.250	5.225	15,47	11,52	Réduction maxima de consommation.
	175	4.875	2.660	10,78	14,00	Augmentation maxima de consommation.
Totaux. . .		17.945	15.230	»	»	
Voyageurs. . .	11	1.135	1.675	5,09	5,34	Minimum de consommation en coke.
	116	4.925	6.660	9,16	7,28	Maximum de consommation en coke.
	89	2.012	1.455	5,43	4,65	Minimum de consommation en houille.
	66	1.905	6.950	8,75	8,34	Maximum de consommation en houille.
	56	4.960	5.370	8,94	6,06	Réduction maxima de consommation.
	139	2.335	4.195	5,88	6,44	Augmentation maxima de consommation.
Totaux. . .		17.272	26.305	»	»	

Il ressort de ce tableau que la consommation de la houille a été dans quelques cas supérieure à la consommation du coke. Ainsi la machine à marchandises 175 qui a consommé en septembre 1857 10^k,78 de coke, a consommé en septembre 1858 14^k,00 de houille par kilomètre parcouru. Ce résultat est exceptionnel ; fut-il même plus général, il ne faudrait pas se hâter d'en tirer des conclusions défavorables à l'emploi de la houille. On est évidemment dans de mauvaises conditions en la brûlant dans un foyer dont les dimensions ont été calculées pour brûler le coke.

kins admet qu'il peut parcourir avant d'être renouvelé 8 à 10.000 kilomètres, et il établit d'après cela et d'après les prix des matières premières en Angleterre, les frais d'entretien à 1 sch. par 500 milles, soit $1^{f},55$ par 1000 kilomètres parcourus. D'abord la durée de ces auvents est loin d'être certaine, quand il peut suffire d'un défaut dans la fonte, d'une imprudence du mécanicien pour les fondre rapidement, si l'on marche trop longtemps, par exemple, avec les trous d'avant fermés. Mais même en admettant cette limite, le prix de renouvellement peut être évalué de la manière suivante :

Achat de l'auvent, 112 kil. de fonte moulée à 30 fr. . .	$33^{f},60$
Dont il faut défalquer pour valeur de la pièce usée et vendue comme vieille fonte, 60 kil. à 12 fr.	$7^{f},20$
	$26^{f},40$

Les prix de réparation des cornières, butoirs, etc., augmentés de la main-d'œuvre, portent facilement ce prix à 35 francs pour 8 à 10.000 kil., soit environ de $3^{f},50$ à $4^{f},50$ par 1.000 kil. parcourus.

L'appareil Jenkins, malgré ses avantages, ne me semble donc pas pouvoir être employé sans modifications.

M. Marcam, ingénieur du Midland railway, à Derby, Système Mar
a adopté à peu près la disposition de M. Jenkins ; seulement il remplace l'auvent en fonte par une voûte en briques réfractaires, inclinée comme lui, mais découvrant la dernière rangée de tubes ; il a suffi pour cela d'abaisser les trous d'admission de l'air. Ils sont au nombre de 27 sur trois rangées et leur diamètre intérieur est de $0^{m},05$.

M. Lees, ingénieur du matériel de l'East-Lancashire Système Le
railway, à Bury, a dû se proposer d'abord de remédier aux inconvénients reconnus dans le système Jenkins :

partie supérieure de la porte. Contre la porte et à l'intérieur de la boîte à feu, est fixé, au moyen de trois vis, un capuchon F en fonte de la hauteur et de la largeur de la porte elle-même, légèrement dejeté pour en permettre l'ouverture, représenté *fig.* 14. Il fait saillie de $0^m,15$ dans la boîte à feu ; le plan incliné qui le termine se dirige à peu près vers l'arête antérieure de la grille et est destiné à rabattre sur le combustible l'excès d'air admis, de manière à le mélanger avec la fumée.

Enfin la grille est inclinée de $0^m,16$ par mètre.

Toutes les modifications de M. Lees sont loin d'être aussi heureuses les unes que les autres ; on ne peut qu'approuver l'idée de remplacer l'auvent en fonte de M. Jenkins par une voûte en briques ; mais il n'en est pas de même de la modification apportée à la prise d'air. Il est certain que par des ouvertures pratiquées suffisamment bas à l'avant de la boîte à feu, l'air arrive en quantité et dans des conditions bien autrement favorables pour la combustion de la fumée. Je dirai plus, la voûte en briques dont l'effet était le même que celle de l'auvent de M. Jenkins, et dont l'utilité était évidente lorsqu'on admettait l'air par des orifices antérieurs, n'a plus avec le nouveau système de prise d'air qu'une utilité contestable.

Supposons qu'une nappe d'air afflue uniformément sur toute la largeur du foyer sous un angle déterminé. On peut essayer de voir comment elle va s'y comporter.

Une partie, la plus rapprochée de la plaque tubulaire, sera entraînée directement dans les tubes sans agir ; on doit s'attacher à réduire cette partie qui sera évidemment d'autant plus faible que la vitesse du cou-

s'est chargée de démontrer qu'on pouvait sans inconvénient supprimer la voûte en briques adoptée par M. Lees; c'est ce qui ressortira de l'examen des systèmes qu'il nous reste à étudier.

Résultats économiques

Les résultats de la substitution de la houille au coke se traduisent, comme précédemment, par une double économie sur le prix du combustible et sur la consommation; on peut en avoir une idée par le tableau suivant, qui donne le parcours et les consommations de quatorze machines à voyageurs pour le mois de décembre 1856, où l'on ne brûlait que du coke, et décembre 1858, où l'on ne brûlait que de la houille.

NOM DE LA MACHINE.	DÉCEMBRE 1856.		DÉCEMBRE 1858.		Observations.
	Kilomètres parcourus.	Coke consommé par kilomètre.	Kilomètres parcourus.	Houille consommée par kilomètre.	
		kil.		kil.	
Tamerlane.	6.205	8,38	6.310	7,52	
Fire-King.	6.008	8,17	6.294	8,16	
Gazelle.	4.520	7,87	5.022	5,50	
Vesta.	4.145	8,69	4.827	7,83	
Orion.	5.650	7,21	6.640	7,51	
Éolus.	4.325	8,16	6.995	6,39	
Phantom.	5.610	8,20	4.920	7,67	
Mercury.	4.510	7,19	5.115	7,53	
Banshee.	6.160	6,11	5.630	6,46	
Milo.	5.620	9,15	5.655	8,22	(a)
Jupiter.	5.980	6,10	5.111	6,58	(b)
Caliban.	5.200	8,50	6.790	8,43	(c)
Prometheus	4.575	7,08	5.098	4,96	(d)
Lynx.	4.997	6,83	6.134	7,25	(e)
	73.505	7,79	80.540	7,15	

(a) Maximum de consommation de coke.
(b) Minimum de consommation de coke.
(c) Maximum de consommation de houille.
(d) Minimum de consommation de houille et réduction maxima de consommation.
(e) Augmentation maxima de la consommation.

On voit donc que pour les machines à voyageurs on économise sur la consommation de combustible par $0^{kilog.}$,64, c'est-à-dire 8,22 p. 100. En tenant compte des prix de la tonne de houille et de coke, qui sont res-

mensions et de forme variables d'une machine à l'autre, et destinée à empêcher les gaz et l'air de se diriger sans se mélanger vers les tubes. Pour éviter l'usure rapide de ces surfaces, on en fit des bouilleurs qui, outre l'effet d'inflexion qu'on attendait d'eux, offraient l'avantage d'augmenter la surface de chauffe. Mais leur présence était gênante pour le chargement et la conduite du feu ; en outre, ils masquaient complétement la plaque tubulaire. On fut ainsi amené à pratiquer dans la boîte à feu deux portes entre lesquelles venait s'appuyer le bouilleur : la porte supérieure, sans aucune disposition spéciale, servait alors à jeter la houille sur le devant du foyer, et permettait, à la rigueur, de tamponner en marche un tube crevé (*fig.* 5, 6, 7).

En même temps, les dimensions des foyers étaient augmentées et leur longueur portée à 2 mètres et au delà : cette disposition ne pouvait évidemment qu'augmenter la quantité d'air affluente. Enfin, pour quelques machines, on facilitait l'admission de l'air dans le foyer en perçant dans la paroi d'avant de la boîte à feu deux rangées, de quatre trous chacune, formés par des tubes en cuivre *t* taraudés à une extrémité seulement, portant à l'autre un épaulement et fixés par un boulon contre la plaque tubulaire ; trois ouvertures semblables étaient pratiquées dans chacune des parois latérales. L'utilité de ces ouvertures était très-limitée, puisque aucune disposition dans la boîte à feu n'empêchait l'air qui les traversait de se jeter immédiatement et sans agir dans les tubes.

En somme, ces appareils, d'une installation coûteuse, compliquaient la construction, embarrassaient la boîte à feu, rendaient fort difficiles la visite et la réparation de cet organe, altéraient même sa solidité ;

L'effet de ces appareils est d'une extrême netteté pendant la marche. Lorsqu'ils sont soulevés ou retirés, la houille du pays de Galles employée sur cette ligne produit une fumée épaisse; elle disparaît instantanément quand l'auvent est abaissé ou remis en place. La flamme rougeâtre, qui remplissait toute la boîte à feu, devient très-blanche et reflue vers l'arrière de manière à découvrir complétement toute la plaque tubulaire. Avec elle, la fumée afflue vers la porte où elle se brûle. Ce mouvement de remou, dont nous avons expliqué plus haut l'origine, est encore accusé de la manière la plus manifeste par les étincelles qui se dégagent en grand nombre au moment du chargement et se précipitent vers la porte au lieu de se jeter, comme à l'ordinaire, du côté des tubes.

Tous ces effets sont dus au seul mode d'admission de l'air à la présence de l'auvent incliné. Les mêmes résultats s'obtiendraient-ils avec les houilles éminemment fumeuses que certains chemins français ont à leur disposition, celles de Bessége, Graissessac et Aubin, par exemple? Il est permis d'en douter; mais ce qui ressort évidemment de ces expériences, c'est qu'avec des charbons, au moins aussi fumeux que ceux qu'emploie l'East-Lancashire, on arrive à brûler la fumée à l'aide seulement d'une surface inclinée pour rabattre l'air sans qu'il soit besoin de voûtes intérieures en briques, dont la présence était jugée indispensable par M. Lees.

Tous ces phénomènes, observés en marche, se reproduisent à peu près identiques aux stationnements, suivant qu'on fait ou non usage du jet de vapeur dans la cheminée.

On peut faire au système Douglas le même reproche qu'au système Lees, c'est de ne donner que sur une

tives, dans lesquelles l'air n'afflue au-dessous de la grille que par une ouverture de $0^m,05$ de hauteur; dans les chaudières fixes, au contraire, l'air arrive abondamment sous la grille complétement ouverte. La fumivorité serait, à coup sûr, plus complète si l'on restreignait l'affluence de l'air de ce côté.

Quoi qu'il en soit et même sans ce perfectionnement, l'efficacité de cette simple disposition n'est pas douteuse. Il y a aux ateliers de Stratford deux chaudières de même forme, à peu près, que celles des locomotives; elles n'ont pas de porte et sont munies à l'intérieur de l'auvent ci-dessus décrit. Lorsqu'il est levé, il se produit une fumée épaisse qui disparaît presque en totalité quand on incline l'auvent à 45° environ. Les phénomènes de remou de la flamme y sont aussi nettement visibles que sur les locomotives.

Il est difficile d'imaginer une disposition plus simple; il serait désirable qu'elle fût connue et appliquée. Supposons même qu'elle n'atteignît qu'imparfaitement son but, ce serait déjà une grande amélioration pour les villes industrielles, trop souvent noyées dans des torrents de fumée.

Les résultats économiques de la substitution de la houille au coke et de l'emploi de ces appareils fumivores ne me sont pas exactement connus. Il ne me paraît pas cependant qu'on ait obtenu sur cette ligne, comme sur les autres, une diminution dans le poids total de combustible consommé. L'excès de consommation de houille paraît avoir été $0^k,500$ par kilomètre parcouru. Les expériences, du reste, sont trop récentes sur cette ligne pour qu'on puisse tirer de ce fait une conséquence de cette valeur : elles ne peuvent infirmer les résultats des expériences entreprises depuis deux années et sur un très-grand nombre de machines

Si les résultats sont bons, si la fumée est brûlée d'une manière satisfaisante, c'est à la qualité seule du charbon qu'il faut l'attribuer et non pas à des dispositions qui ne peuvent convenir qu'à des houilles maigres ou demi-grasses tout au plus.

Systèm Mac Conn

L'expérience a démontré l'insuffisance du système d'abord établi sur les machines du London and North Western railway et dont le type est représenté par la machine Eugénie qui a figuré à l'exposition universelle de 1855. On se rappelle que cette disposition consistait essentiellement à ménager à l'entrée du corps cylindrique de la chaudière, en reculant la plaque tubulaire, une chambre de combustion où les gaz et la fumée étaient censés se mélanger avec de l'air introduit par des ouvertures pratiquées dans la cornière qui réunit la boîte à feu au corps cylindrique (1). Cette disposition qui réduisait notablement la surface de chauffe atteignait incomplétement le but que l'on s'était proposé.

Système Bea

Il me reste enfin à parler de l'appareil appliqué à toutes les machines du South Western par M. Beattie, ingénieur du matériel de cette ligne et représentée en croquis (*fig.* 17). L'air est admis en grande quantité, tant par la grille dont la longueur totale dépasse 2 mètres que par les entretoises qui sont toutes creuses. Leur diamètre extérieur est d'environ $0^m,03$, le diamètre intérieur $0^m,015$. Il se mélange avec les gaz et la fumée dans les nombreuses circonvolutions qu'ils doivent faire avant d'arriver dans la cheminée. La boîte à

---

(1) La machine *Eugénie* n'a pas les prises d'air indiquées; elle fait régulièrement, sur le chemin du Nord, un service de voyageurs à grande vitesse sans produire de fumée, mais il est vrai avec des houilles médiocrement fumeuses.

(*Note de la rédaction.*)

[redacted]

les gaz combustibles dans les remous causés par ces nombreux obstacles. M. Beattie admet en outre que les briques qui remplissent le bouilleur intérieur, sont chauffées au rouge et brûlent complétement le mélange de fumée et d'air (1). On ne saurait assurément prétendre que les dispositions actuelles des machines locomotives doivent être éternellement conservées; mais on se demande en voyant cet étrange assemblage de fer et de briques, ces formes si bizarrement compliquées à dessein du foyer et de la chaudière, si le désir de faire un appareil fumivore, plus que le besoin de la nouveauté, a guidé l'inventeur. Le South Western, du moins, a pris fort au sérieux ce projet. Toutes ses machines sont construites aujourd'hui dans ce système, qui brûle du reste la fumée d'une manière satisfaisante. Mais fût-il plus parfait encore, on ne saurait sérieusement songer, pour atteindre un résultat que des dispositions très-simples ont réalisé d'une manière satisfaisante sur les autres lignes, à employer des machines aussi lourdes, aussi longues à allumer, aussi sujettes à avaries, aussi coûteuses et de construction et d'entretien que celles de M. Beattie.

En résumé, les appareils que nous venons d'examiner donnent des résultats satisfaisants partout où ils ont été appliqués; tous, même les moins parfaits, brûlent à peu près sans fumée les houilles plus ou moins fumeuses consommées par ces différentes lignes. Pour plusieurs de ces chemins, il est vrai, cela tient surtout à ce qu'ils ont à leur disposition, presque toujours à leur portée, une si grande variété de charbons de toutes Résumé

(1) Cette disposition présente de l'analogie avec celle que M. Foucou a introduite dans le foyer même, et qui a été expérimentée sur le chemin de l'Ouest. (*Note de la rédaction.*)

La simplicité de l'appareil usité sur les Eastern Counties R. devra déterminer à l'expérimenter tout d'abord; seulement il serait bon de donner à l'auvent des dimensions plus grandes encore que celles admises sur cette ligne; plus cette plaque sera grande, en effet, et mieux le courant d'air sera dirigé sur le combustible; sa longueur devrait être portée à $0^{m},80$, et sa hauteur telle qu'au repos, l'arête inférieure dépasse de $0^{m},15$ à $0^{m},20$ le bas de la porte; l'expérience ferait promptement reconnaître l'inclinaison qu'il conviendrait de lui donner. On pourrait compléter le système, admettre plus d'air et surtout le répartir plus uniformément sur toute la largeur de la boîte à feu, en perçant de chaque côté de la porte trois ou quatre trous formés d'entretoises creuses de $0^{m},05$ de diamètre intérieur. Tous ces orifices d'admission de l'air pourraient d'ailleurs être fermés à volonté.

On ne peut évidemment prétendre *à priori* que cet appareil permettra d'employer toutes les houilles, mais il est permis d'espérer qu'on arrivera à brûler sans incommodité pour les voyageurs, un grand nombre de celles dont on n'a pu se servir jusqu'ici. Il est bon de remarquer que nos mécaniciens auront dans l'échappement variable un auxiliaire puissant qui manque sur tous les chemins anglais; au moment du chargement, il sera facile de faire affluer par la porte et les tubes, l'excès d'air dont on aura momentanément besoin; l'échappement variable d'un côté, la présence de l'auvent de l'autre assurent en même temps une quantité d'air suffisante, et une direction convenable du courant. Ce sont les deux éléments essentiels du problème. Il va d'ailleurs sans dire que l'appareil doit être, comme cela se pratique toujours, complété par un jet de vapeur dans la cheminée, ouvert ou fermé par le mécanicien,

SOUPAPES DE SURETÉ

A ORIFICES D'ÉVACUATION DISTINCTS.

1° *Système* BODMER, *décrit par l'inventeur.*

C'est un fait généralement reconnu que dans les soupapes de sûreté de construction ordinaire, c'est-à-dire où la vapeur qui s'échappe a en même temps la fonction d'élever la soupape de son siége, celle-ci ne se soulève jamais au delà de 2 millimètres tout au plus, à cause de la diminution instantanée de la pression de la vapeur aussitôt qu'elle s'échappe dans l'atmosphère. L'appareil est plutôt alors un indicateur qu'une soupape de sûreté.

Afin d'éviter les dangers attachés à un tel état de choses, l'inventeur a imaginé une soupape construite de manière que la vapeur, ou l'eau à la tension même qui existe dans la chaudière, pénètre par un tube indépendant sous la soupape et la soulève à l'instant où la tension de la vapeur dans la chaudière dépasse la limite fixée.

Les *fig.* 11 et 12, Pl. II, représentent une soupape de ce système.

Le plateau A, qui constitue le siége de la soupape, est venu d'une seule pièce avec le piston A^1, les ailes A^2; il est fixé à la pièce B, laquelle, à son tour, est boulonnée sur la chaudière.

Le chapeau C, ajusté avec exactitude, mais à mouvement libre sur le piston A^1, forme la soupape. Le piston A^1 s'évase en entonnoir, afin d'admettre le

[redacted]

ressort, ou de poids agissant directement sur la soupape.

2° *Système proposé dans le même but, par M.* Labeyrie, *garde-mines, attaché au contrôle des chemins de fer de l'Est.*

Au premier rang des appareils destinés à prévenir les explosions des générateurs de vapeur, se placent les soupapes de sûreté prescrites pour toutes les chaudières ou récipients dans lesquels la tension de la vapeur peut dépasser une limite fixée. On considère généralement ces soupapes comme étant d'une efficacité complète, et cependant elles ne remplissent qu'imparfaitement leur but. Tels qu'on les construit aujourd'hui et convenablement disposés, ce sont des appareils plutôt indicateurs que préservateurs; ces soupapes indiquent, en effet, le moment où la tension intérieure de la vapeur atteint le maximum qui lui a été assigné d'avance; mais elles sont impuissantes à arrêter l'accroissement de cette tension et à la maintenir dans ses bornes.

Ce vice provient de leur construction même. Le disque ou clapet de la soupape étant bien appliqué sur son siége, empêche toute communication entre la vapeur et l'atmosphère; la pression intérieure s'exerce alors intégralement sur la surface de ce disque, et lorsque cette pression arrive à sa limite extrême, la charge en sens contraire supportée par le clapet lui fait équilibre, de sorte que le plus léger accroissement de la première de ces forces suffit pour que le disque soit soulevé en ouvrant une issue à la vapeur. Mais lorsque l'écoulement s'effectue, la pression de la vapeur sur le clapet de la soupape n'est plus la mesure exacte de sa tension

formule empirique $\alpha = 2,6$

la surface du cercle correspc
biter toute la vapeur fournie
tension maximum et sous l'
actif. La surface cylindrique
de même diamètre) ayant un
tié du rayon, une soupape
suffisant, devrait donc se soul
mètre. Avant de produire un
la tension de la vapeur dans
supérieure à celle indiquée pa
gré un excédant de pression,
lève jamais que d'une quantit
petite.

Pour les chaudières de locc
les soupapes sont pressées à l'
tionnement de ces appareils es
puisque la résistance du res
temps que son allongement,
la soupape augmente à mesu
remarque fréquemment dans c

Les soupapes de sûreté pèchent donc par le principe de leur construction, dont la grande simplicité constitue néanmoins un mérite réel; comme moyens d'empêcher les explosions, leur efficacité est très-équivoque, en raison de leur faible débit.

La disposition que je propose (Pl. II, *fig.* 7, 8, 9) a pour objet de remédier à leur insuffisance sous ce rapport. Dans ce nouveau système, la pression de la vapeur agit, non sur un disque, mais sur un piston *p*, mobile, sans jeu, dans une virole en bronze bien alésée. Le soulèvement de ce piston se transmet, à l'aide d'une bielle, à un levier ou balancier horizontal, et détermine ainsi l'ouverture d'orifices d'écoulement *a*, *b*, d'une section suffisante. La course du piston moteur *p* est limitée, dans un sens, par une embase au moyen de laquelle il repose sur sa virole, et dans l'autre sens, par un arrêt fixe sur lequel vient buter le tiroir circulaire lorsqu'il a découvert les orifices ménagés dans une boîte à vapeur fixée à la chaudière. Le levier de transmission de mouvement sert de plus à charger le piston moteur, par un ressort ordinaire, d'une quantité équivalente à la tension maximum de la vapeur.

Il est à remarquer que le frottement du piston et du tiroir s'ajoute au poids du ressort lorsqu'ils sont soulevés, et qu'au contraire ce frottement diminue d'autant le poids représenté par le ressort lorsqu'ils tendent à redescendre. Cet inconvénient peut être amoindri par une bonne fabrication, mais non entièrement atténué; de sorte que le tiroir d'échappement ne sera soulevé qu'à une pression un peu plus grande que celle qui permettra la fermeture des orifices.

Un certain nombre de mécaniciens ont l'habitude de consulter à la main les balances, pour connaître la pression de la vapeur, en les soulevant à l'aide du

che seulement; cette derniè
vers l'avant de la machine
hors de la portée du mécan
jeu des soupapes ordinaires
ressorts des balances. D'ail
la seule praticable sur les n
chandises des chemins de fe
le sifflet et le régulateur oc
pris entre le dôme des soupa
chaudière.

La modification proposée
verture de plus à la chaudiè
de la nouvelle boîte à orifi
augmentations anormales de
terminent rarement des expl
moindre résultat de fatiguer
dières, et cet avantage comp
de revient.

RÉSUMÉ

DES ÉTUDES GÉOLOGIQUES FAITES EN 1857 DANS LA SUBDIVISION DE DELLYS (ALGÉRIE) (1).

Par M. VILLE, ingénieur des mines.

Nous avons exploré, en 1857, la partie de la subdivision de Dellys comprise entre les limites suivantes :

Au nord, le rivage de la mer;

A l'ouest, le méridien passant par l'embouchure de l'Isser;

Au sud, la chaîne du Djurjura;

A l'est, le cours de l'oued Ameraoua (haut Sebaou).

Nous y avons observé des terrains d'origine sédimentaire :

1° Terrains cristallins : gneiss et micaschistes associés à du calcaire saccharoïde;

2° Terrain crétacé;

3° Terrain nummulitique;

4° Terrain tertiaire moyen;

5° Terrain quaternaire;

6° Terrain alluvien.

Et des terrains d'origine ignée : granite, pétrosilex, basalte.

Nous les décrirons, autant que possible, dans l'ordre de leur énumération, en marchant de l'ouest à l'est et du sud au nord.

Les terrains cristallins sont associés au granite qui

---

(1) Ce travail est le résumé des observations développées par l'auteur dans un travail beaucoup plus étendu. La carte géologique (Pl. VI) est reproduite avec toutes ses divisions. C.

les marnes du terrain tert
à 327 mètres au-dessus du
pose principalement de gr
noir verdâtre. A son extr
remplacé par une roche d
tique d'aspect à celle qu
Kara-Mustapha, non loin
part en part par des ravi
nord-est. Une source d'ea
nite auprès du caravansér
ferme par kilogramme d'e
chlorures, sulfates et carbo
de sulfate ni de carbonate

L'îlot de roches cristal
(auprès de Tiziouzou) est
Sebaou qui coule au fond
Il est entaillé de tous côté
les couches sont fortement
point culminant s'élève à 8
veau de la mer. Il est essen
verdâtre avec lentilles irrég
y trouve intercalées des c

spath blanc laiteux, de quartz vitreux ou laiteux presque toujours blanc, quelquefois améthyste et de mica blanc argentin en gros paquets hexagonaux de $0^m.02$ de diamètre.

Massif de roches cristallines de la Kabylie proprement dite.

Le massif des roches cristallines de la Kabylie proprement dite, s'étend de l'ouest à l'est sur une longueur de 54 kil. et du nord au sud sur une longueur moyenne de 16 kil. Il se compose de gneiss et de micaschiste qui se décomposent avec facilité par l'action des agents atmosphériques, et sont associés à des couches de calcaire saccharoïde blanc. Il est traversé par des veines irrégulières, des filons et des amas de granite formé généralement de cristaux blancs de feldspath, quartz et mica. Les couches de roches cristallines ont subi des redressements considérables postérieurement au dépôt des couches du terrain tertiaire moyen qui ont été soulevées avec elles. Le pâté montagneux de la Kabylie présente d'affreuses et profondes déchirures qui affectent des directions très-variées. Cependant, les principales marchent du sud-sud-est au nord-nord-ouest et le coupent dans toute sa largeur. Les lignes de faîtes sont grossièrement festonnées et présentent une ressemblance générale qui permet de reconnaître de loin leur constitution géologique. Leur hauteur minimum est de 521 mètres au centre de la Kabylie, chez les Maatka. Elle augmente à mesure qu'on s'éloigne soit à l'ouest, soit à l'est. A l'ouest, elle atteint 892 mètres chez les Flissa; et à l'est, 1 420 mètres chez les Beni-Thouragh. Ces altitudes considérables montrent que le climat de la Kabylie doit être froid en hiver et tempéré en été. Elles sont moindres du reste que celles de crêtes du Djurjura qui limite la Kabylie au sud, et dont les altitudes varient de 1 730 mètres (col de Chellata) à 2 517 mètres (pic de Lalla-Khedidja).

recouverte en grande pa
moyen. A son extrémité :
de la Kabylie se rattache
Djurjura, par la petite cro
sépare les eaux de l'oue
Ameraoua. On voit donc q
graphiquement, le massif
Kabylie forme un terrain à
qui l'entourent. Du reste,
également dans les mœurs
tants. Les plaines fertiles d
occupées par des Arabes q
parce que le terrain était
troupes. A l'abri derrière
les Kabyles ont résisté lon
par l'occupation successive
el-Mizan, et l'ouverture de
été possible d'établir un bl
De nombreuses expéditions
la soumission de la partie oc
qu'il était plus facile d'ab
de 1857, menée avec tant d

même de la Kabylie garantissent aujourd'hui la sécurité de notre conquête. Les villages kabyles comptent une population variable de 500 à 3.000 habitants. Ils sont bâtis en moellons reliés par un mortier de terre battue et sont couverts en tuiles. Ils fourmillent en quelque sorte sur toutes les crêtes. Presque tous les pitons sont occupés par un village, surtout dans la partie orientale de la Kabylie. Les surfaces susceptibles d'être cultivées sont bien restreintes à cause de l'encaissement des ravins. Ce n'est guère qu'aux alentours des villages qu'on aperçoit des cultures de céréales. De très-beaux frênes disséminés dans les champs fournissent, à la fois, des feuilles qui servent de fourrage pour les bestiaux, et du bois de construction pour les maisons. Les plantations de figuiers sont une des principales ressources alimentaires du pays; elles sont considérables, surtout chez les Maatka, où elles sont l'objet d'un soin tout particulier. Une grande quantité de figues est exportée à Alger où elle est achetée par les juifs qui en fabriquent de l'anisette.

Les flancs des vallées sont couverts de chênes; et l'on en voit une très-belle forêt sur les bords de l'oued Boghni.

L'olivier est très-répandu dans les fonds des ravins, et l'on trouve des moulins à huile dans presque tous les villages. On sait que les Kabyles apportent beaucoup d'huile sur nos marchés. Une portion de leur récolte sert à leur alimentation. Ils mangent des figues trempées dans l'huile. Ils savent aussi fabriquer du savon mou qu'ils vendent sur les marchés.

Les eaux sont fraîches, limpides et d'excellent goût dans la Kabylie. Mais à proximité des villages, les sources sont peu abondantes, parce que ces derniers sont bâtis le plus souvent sur des crêtes élevées. Il serait

on trouve des eaux fraîch
dantes, et qui peuvent ser
(moulins à blé et à l'huile

Composition générale des eaux de la Kabylie.

Les eaux potables de la
chimique fort remarquabl
ral les bases soude, chau
et les acides chlorhydriqu
silicique.

La soude est toujours la

L'oxyde de fer est en mi

L'acide carbonique est c
carbonates neutres; l'excè
tôt supérieur, tantôt infér
pour donner des bicarbona
gnésie. On peut considér
comme renfermant en géné
suivantes :

Chlorure de so
Sulfate de sou
Carbonate neut
Carbonate neut
Carbonate neut

vers nord). Une certaine quantité de sulfate de chaux accompagne alors le sulfate de soude.

La proportion totale des sels a varié de 0g,1012 (source des Beni-Thouragh) à 0g,8212 (ravin de Souk-el-Arba) par kilogramme d'eau.

On peut considérer les eaux de la Kabylie comme des eaux potables de bonne qualité pour les divers usages domestiques, essentiellement *alcalines*, et méritant, au point de vue hygiénique, de fixer l'attention des médecins.

Elles sont caractérisées par la présence du carbonate et du sulfate de soude qui exclut celle des chlorures de calcium et de magnésium, et des sulfates de chaux et de magnésie, dans la solution aqueuse du résidu fixe obtenu en évaporant l'eau à sec et en calcinant le produit salin au rouge sombre. L'abondance des sels de soude et notamment du carbonate est en rapport avec la composition minéralogique des roches cristallines de la Kabylie. Elle indique qu'il y a dans ces roches un feldspath facilement décomposable par les agents atmosphériques et qui est à base de soude. S'il y a du feldspath à base de potasse, il doit être moins facilement décomposable que le précédent, puisque ordinairement on ne trouve pas de potasse dans les eaux. Une source des Beni-Jeuni est la seule qui renferme une faible quantité de potasse.

Nous avons signalé au pied du fort Napoléon une source ferrugineuse qui pourra être utilisée dans certains cas de maladie par les habitants du fort Napoléon. En tous les cas, elle constituera une boisson saine et agréable. Elle a une température de 19°. On peut la considérer comme une source thermale par rapport aux sources ordinaires dont la température varie de 11° à 15°,75.

lève du bétail. L'occupa
un débouché plus grand (
rons aussi, à l'époque d
à la pénurie des bras che
plaine.

Les Kabyles sont trav
sauvage ne nourrit qu'à g
nombreuses qui l'habitent.
dustrie sont-ils en grand h
tagnards. On voit dans le
toute sorte, charpentiers, m
tiers, armuriers, faux mon
Le village d'Aït-el-Hassen,
le monopole de l'industrie
l'occupation française. 200
étaient vendus pour 50 fran
chés kabyles, et les achet
dehors. Bien entendu que c
point de vue européen, a ét
La fausse monnaie se fabri
fondu dans un moule comp
par trois tenons. D'après

chez eux. Cette circonstance, rapprochée de l'intelligence industrielle de ces montagnards, nous fait penser que leur pays n'est pas riche en gîtes métallifères proprement dits.

L'exploration bien incomplète, il est vrai, que nous avons pu faire pendant l'expédition de 1857 n'a pas été couronnée de brillants résultats au point de vue de la découverte des gîtes de cette nature.

Dans une première course que nous avons faite avec M. l'ingénieur Vatonne, nous avons trouvé au pied du revers nord de la chaîne granitique des Flissa, à 5 kil. sud-est du caravansérail d'Azib-Zanoun, dans un ravin profondément encaissé, un bloc roulé de peroxyde noir de manganèse contenant à l'intérieur un noyau de couleur rose, formé d'un silicate multiple à base de manganèse, chaux, magnésie et oxyde de fer. Des minerais semblables se trouvent dans le massif de roches cristallines de la Bouzareah (environ d'Alger) et leur analyse a été faite par M. Ebelmen.

Le ravin des Flissa présente un barrage naturel formé par des couches de calcaire saccharoïde qui vont sans interruption d'un bord à l'autre. Les eaux qui sont en amont du barrage s'écoulent au dehors par une galerie naturelle de 2 mètres de haut sur 3 à 4 mètres de large. C'est un phénomène géologique très-curieux et que nous signalons à l'attention des touristes.

A 500 mètres nord du Souk-el-Khamis, chez les Maatka, le sentier qui mène de Tiziouzou à Dra-el-Mizan coupe une veine d'hydroxyde de fer qui affleure sur 4 mètres de long et $0^{m},30$ d'épaisseur dans du micaschiste d'un gris clair. Sur le revers sud-ouest de la montagne des Beni-Jeuni, à proximité du village de Taourirt-el-Hadjadj, il y a un gîte de minerai de fer qui occupe une superficie de 100 mètres de long sur 50

abondant que le sulfate de baryte. Le minerai se présente comme une roche blanche piquetée de noir. Il est trop pauvre pour être l'objet d'une exploitation quelconque.

Les indices métallifères que nous venons de signaler montrent qu'un explorateur plus heureux que nous découvrira peut-être un jour, en Kabylie, des gîtes plus importants.

La chaîne du Djurjura se dirige à peu près de l'est à l'ouest, et s'étend du col de Tirourda au Djebel-Nador sur une longueur d'environ 44 kilomètres. Sa crête dentelée est presque entièrement dépourvue de végétation. Elle se couvre de neige pendant tout l'hiver, et présente plusieurs pics élancés désignés dans le pays sous le nom de Tamgout. Le pic culminant est celui de Lalla-Khedjdja qui se trouve à 2.517 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les observations que nous avons pu faire sur la chaîne du Djurjura sont encore fort restreintes, et nous ne les donnons ici qu'à titre de renseignement. Chaîne du Djurjur

Au col de Tirourda dont l'occupation a terminé la conquête de la Kabylie, la chaîne du Djurjura présente une succession de couches de calcaire et de poudingues plongeant au nord sous un angle variable de 50 à 80°. Les calcaires ont une couleur gris clair à l'extérieur, et de loin paraissent presque blancs. A l'intérieur, ils sont gris foncé, à texture compacte, subcristalline et à cassure esquilleuse. Nous n'y avons pas trouvé de fossiles, non plus que dans les poudingues. Ceux-ci sont en général formés de débris de quartz de diverses couleurs, colorés extérieurement par un enduit ferrugineux rougeâtre ; et ils passent parfois à l'état de grès rougeâtres, par suite de la diminution des débris de quartz. Comme ils sont très-répandus sur le revers

Ce col paraît très-conv
d'une route carrossable qu
Kabylie, en passant par le
et par le fort Napoléon.

Une source minérale (Ha
chez les Beni-Ataf, au pied
dépose du travertin blanc,
comme du sel. Cette eau n
par là de la plupart des eau

Le pic de Lalla-Khedjd
subsaccharoïde, gris clair. C
loux roulés qui en provien
Djema et de l'oued Aïssi. C
des blocs roulés de diorite
chaîne du Djurjura il y a des

Terrain nummulitique sur le Tamgout des Beni-Koufi.

Le Tamgout des Beni-Ko
de 2.066 mètres, forme l'e
chaîne rocheuse propremen
compose essentiellement de
pacte ou semi-cristallin, dan
server une stratification quel
occidental du Tamgout, il

pensons appartenir au terrain nummulitique. En effet, le Tamgout des Beni-Koufi est une espèce de coin engagé vers l'ouest au milieu d'une assise très-épaisse de poudingue du terrain tertiaire moyen contenant de nombreux cailloux roulés de calcaire pétri du nummulites. L'un de ces débris de calcaire nummulitique, dont le volume atteint un mètre cube, est à arêtes vives et présente la même texture et le même aspect que le calcaire gris clair que l'on trouve au sommet de Tamgout.

Nous avons du reste observé, en 1858, une petite chaîne de calcaire nummulitique à Birin, au milieu des steppes du sud de la province d'Alger, et ce calcaire ressemble souvent à s'y méprendre à celui du Tamgout des Beni-Koufi.

Terrain nummulitiq aux enviro de Dra-el-Miza

Le terrain nummulitique, caractérisé par un cachet tout particulier des roches qui le composent et par la présence de nummulites en place, affleure en plusieurs points aux environs de Dra-el-Mizan, au sud du massif de roches cristallines de la Kabylie. On l'observe : 1° au col d'Odenja, à 14 kil. nord-ouest de Dra-el-Mizan ; 2° au col de Mahallet-Ramdan situé à 28 kil. sud-ouest de Dra-el-Mizan, sur le prolongement ouest de la crête du Djurjura, le long du sentier qui mène de Dra-el-Mizan à Aumale.

Le terrain nummulitique se compose de couches de marnes grises, de grès siliceux généralement durs, blanchâtres, et de calcaire ordinairement compacte, blanchâtre ou verdâtre, plus ou moins argileux, et susceptible parfois de donner de la chaux hydraulique par la cuisson.

Sources aci et alcalin de l'oued Edjel

Les sources oxydules et alcalines de l'oued Edjelata se trouvent à 11 kil. sud-ouest de Dra-el-Mizan sur la zone de contact des terrains nummulitique et tertiaire moyen. Elles présentent la composition générale des

ter, silice).

Ces eaux gazeuses sont
militaire de Dra-el-Mizan.

Terrain nummulitique à l'est de Dellys.

Il existe dans le cercle
sans fossiles, que ses car
prochent du terrain numn
différencient du terrain ter
nous le rangeons provisoir
mulitique. Il s'étend du nc
de la mer jusqu'au parallè
et de l'ouest à l'est, depuis
des ruines romaines de Ta
vance comme un coin vers
jusqu'auprès de la rive dro

Ce terrain renferme de n
siliceux, blanc jaunâtre, t
bons pavés et qui, auprès d
romaines de Tagsebt, donn
pareil. Aux environs de Dell
de calcaire argileux qui sor
pour faire de la chaux hyd
terrain sont contournées et
pyrite de fer

Taourgha, auprès d'un café maure, situé sur la route muletière de Dellys à Tiziouzou.

Ces sources sont très-peu abondantes.

Le terrain tertiaire moyen est très-répandu dans la région que nous avons étudiée. Il est caractérisé en plusieurs points par ses fossiles et partout par la constance de sa composition minéralogique. Il entoure d'une bande continue la partie occidentale du massif cristallin de la Kabylie contre lequel ses couches se redressent fortement, et il se poursuit jusqu'à Dellys, en remplissant une grande lacune comprise entre l'Isser et le Sebaou.

Terrain tertiaire moyen de la subdivision de Dellys.

Le terrain tertiaire moyen présente un développement considérable à l'extrémité ouest du Djurjura, au pied du Tamgout des Beni-Koufi. Il y forme une série de bancs épais de poudingue plongeant en général au nord-nord-est sous un angle variable de 60° à 85°. Le poudingue tertiaire se compose essentiellement de galets de calcaire gris, compacte ou semi-cristallin, semblable à celui que nous avons vu en place sur le Tamgout des Beni-Koufi. Plusieurs de ces galets sont pétris de grandes nummulites, ce qui indique clairement que le poudingue est d'un âge postérieur à la période nummulitique. On trouve aussi parmi les galets des débris de quartz, de micaschiste, de grès quartzeux rougeâtre, et de calcaire compacte schisteux gris sans fossiles. Mais les calcaires à nummulites sont les plus répandus. Chez les Beni-Koufi, le poudingue tertiaire a une épaisseur de 3 à 400 mètres et forme un revêtement régulier au pied du massif nummulitique du Djurjura. En descendant vers le nord, il fait place à une assise de grès grisâtre plus puissante encore, et où l'on retrouve de nombreux débris de roches cristallines comme dans le poudingue lui-même.

Djema qui limite à l'ouest les terrains que nous avons explorés. On trouve de petites dentales, des peignes et des clypeaster scutellatus dans les grès tertiaires qui sont à 5 kil. sud du caravansérail d'Azib-Zamoun, à la sortie de la gorge qui est fermée par le barrage naturel dont nous avons parlé plus haut. A Tiziouzou, on a recueilli les mêmes fossiles, dentales, peignes avec des anomies. Enfin, à Dellys même, nous avons trouvé dans les grès tertiaires un fragment de pecten d'une espèce indéterminable, mais dont la présence suffit pour empêcher de donner à ces grès un âge trop ancien, celui du terrain houiller par exemple. On voit, par ce qui précède, que les caractères minéralogiques stratigraphiques et paléontologiques concordent pour la détermination exacte du terrain tertiaire moyen de la subdivision de Dellys.

Indices de lig dans les grès terti de Tiziou

Les grès tertiaires des environs de Tiziouzou renferment de nombreuses empreintes végétales carbonisées, indéterminables au point de vue botanique, et parallèles à la stratification des couches. On y trouve aussi des nids, des veines et des plaquettes isolées de lignite friable, d'un brun noir éclatant. L'exploitation des carrières de pierre de taille fait découvrir journellement de nouveaux indices de lignite. Mais jusqu'ici tous ces indices n'ont présenté aucune suite. Ils résultent de l'enfouissement de branches d'arbres contemporains du dépôt tertiaire moyen. Rien n'autorise à penser qu'ils dénotent en profondeur l'existence d'une couche régulière de lignite. Car, en vertu du relèvement des couches tertiaires contre le massif de roches cristallines des Ouled Boukhalfa et des Maatka, on peut passer en revue les affleurements de presque toutes ces couches, et nulle part on n'y a constaté l'existence d'une couche de lignite.

Le Djebel-Djinet constitue le massif principal de roche éruptive. Il occupe une superficie de 30 kil. quarrés environ et se poursuit sur 8 kil. de longueur le long du rivage, depuis l'oued el Arba à l'est jusqu'à l'oued Houmara à l'ouest.

La roche du cap Bengut se compose d'une pâte noire, très-dure, au milieu de laquelle sont disséminés de très-petits cristaux blancs translucides. Elle se divise en gros prismes pentagonaux qui s'étalent en éventail; parfois la pâte de la roche éruptive est de couleur rose, et formée par un silicate à base d'alumine et de potasse qui, par sa densité et sa composition, se rapproche du pétrosilex.

D'autres îlots de roche éruptive font saillie hors du terrain tertiaire moyen des environs de Dellys. Le terrain longeant la mer, à l'ouest de la pointe de Dellys, est formé presque en entier de basalte, depuis cette pointe jusqu'à l'embouchure de l'oued Sebaou. Le basalte montre généralement le long de la mer de grands escarpements noirâtres et verticaux contre lesquels les vagues se brisent avec violence. Il renferme de petits cristaux de pyroxène noir et de péridot verdâtre, de la mésotype, des nodules de quartz opale et de chaux carbonatée rayonnée. On y voit aussi des filons irréguliers de carbonate de chaux. L'apparence de la roche éruptive varie beaucoup suivant les différents points où on l'observe. Tantôt elle a l'aspect scoriacé et noirâtre. Elle est criblée de bulles assez grandes produites sans doute par l'échappement de la vapeur d'eau et des gaz avant la consolidation de la masse; ailleurs elle est compacte et très-dure, ou bien elle est terreuse, friable et pourrait alors être utilisée sans doute comme pouzzolane naturelle. Parfois elle est coupée par des veines de serpentine verte douce au toucher.

fragments qui sont à angles vifs, d'une longueur de $0^{m},06$ à $0^{m},07$ au plus, ont $0^{m},04$ d'épaisseur maximum. Ils se rapportent à deux variétés de combustible : l'une est très-sèche et brûle sans flamme, l'autre qui est la plus abondante est très-grasse et brûle avec une longue flamme.

La variété sèche, placée en morceaux dans une capsule de platine rougie par une lampe à alcool à double courant d'air, ne se consume pas, à cause de la faible quantité de matières bitumineuses volatiles qu'elle renferme. Par la combustion en vase clos, elle ne donne pas de coke. Elle renferme 0,793 de carbone. Elle est d'un beau noir éclatant, et son aspect extérieur ne suffit pas pour faire prévoir *à priori* sa composition chimique. Elle ressemble complétement à la variété grasse.

Celle-ci renferme 0,0182 à 0,0574 de matières terreuses. Elle est très-pure comme la précédente et d'un beau noir éclatant. Elle s'allume et brûle avec facilité à la simple flamme d'une bougie, en donnant une flamme blanche et vive, et répandant une fumée noire et épaisse par la distillation en vase clos ; il se dégage de l'eau ammoniacale comme dans la distillation des houilles, des huiles bitumineuses épaisses de couleur fauve et des gaz inflammables. Il reste un coke dur, compacte, ayant le brillant du fer métallique. La proportion du charbon fixe est aussi élevée que dans la plupart des houilles grasses de bonne qualité et varie de 0,5680 à 0,6000. Son pouvoir calorifique est également considérable et varie de 6,111 calories à 6,282 calories. Ce combustible est compacte, dur, et ne se brise pas sous la pression des doigts. Il est en définitive de très-bonne qualité et serait propre à tous les usages industriels, s'il se rencontrait en quantité considérable. Malheureusement il n'en est pas ainsi. Quoique la roche érup-

partie combustible, on voit que celle-ci diffère très-notablement du lignite contenu dans le terrain tertiaire moyen, soit de Dellys, soit de Tiziouzou. Mais la différence n'est plus aussi grande, si l'on compare les compositions des parties terreuses intimement mélangées à ces divers combustibles, soit entre elles, soit avec les compositions des roches tertiaires encaissantes.

Les parties terreuses des combustibles sont toutes formées d'argile, de peroxyde de fer, de traces de pyrite de fer, de carbonates de chaux, de magnésie et de protoxyde de fer. Les limites entre lesquelles varient les proportions de ces trois carbonates sont à peu près les mêmes dans les grès, les calcaires, les lignites tertiaires de Dellys et de Tiziouzou, et dans les combustibles qu'englobe le basalte. Si l'on observe, en outre, que les véritables houilles sont rarement intimement mélangées à du carbonate de chaux, parce qu'elles sont presque toujours intercalées dans des roches argileuses, même dans des terrains calcaires, et que l'inverse arrive pour le lignite, on sera conduit à rapprocher le combustible englobé dans le basalte de Dellys, du lignite contenu dans le terrain tertiaire moyen de cette localité, et à expliquer les différences de propriétés physiques et chimiques de ces deux combustibles par l'action que la roche éruptive aura exercée sur les fragments de lignite qu'elle aura englobés. Cette action n'est pas du reste un fait nouveau dans les annales de la géologie. Le mont Meissner et d'autres gisements nous offrent des exemples analogues. (Voir le mémoire de M. Delesse sur le métamorphisme, *Annales des mines* de 1857, t. XII, p. 126.) On exploite au Meissner une couche de lignite de 6 à 30 mètres de puissance, recouverte par une couche d'argile plastique de $0^{m},15$ à $1^{m},70$ d'épaisseur sur laquelle s'est épanchée une nappe

trouvent les fragments de combustible du basalte peut contribuer aussi à faire disparaître le principe gras de certains échantillons.

D'après toutes ces considérations, nous pensons que le combustible englobé dans le basalte de Dellys n'est autre chose que du lignite arraché au terrain tertiaire moyen et modifié par son contact avec la roche éruptive (1).

Quoique les roches éruptives constituent dans le cercle de Dellys des masses plus ou moins considérables et isolées les unes des autres, on n'a encore trouvé de combustible qu'en un seul point, auprès du cap Bengut; or le jet éruptif qui a porté au jour les fragments de combustible peut venir d'un point quelconque de l'horizon, soit du côté de la terre-ferme, soit du côté de la mer. Dès lors on ne peut rien dire sur l'étendue et la position topographique du gîte de lignite, et par conséquent sur l'emplacement qu'il faudrait choisir pour le recouper au moyen d'un sondage vertical. En outre, les fragments de lignite trouvés dans le basalte n'ayant pas plus de $0^m,04$ d'épaisseur, et étant en définitive très-peu nombreux, car jusqu'à ce jour on n'en a pas trouvé en tout plus d'un décalitre, il est probable que le gîte de lignite a peu de puissance, et qu'il est comparable aux plaquettes fort minces que l'on rencontre dans les grès tertiaires de Dellys, Tiziouzou, le cap Matifou et Ténès. On en a une nouvelle preuve dans l'étude des roches tertiaires redressées verticalement sur la croupe rocheuse de Dellys. On peut y passer en revue une très-grande partie des couches tertiaires, bien mieux qu'on ne le ferait par un sondage vertical tra-

---

(1) *Annales des mines*, t. XII, p. 157. *Études sur le métamorphisme*, par M. Delesse.

[redacted]

Nous avons constaté, en effet, aux environs de Dellys, la présence des terrains tertiaires, moyen et nummulitique, qu'il faudrait certainement traverser sur une grande épaisseur.

En d'autres points de l'Algérie, affleurent, à des niveaux géologiques inférieurs, le terrain jurassique et le trias. On comprend donc que si le terrain houiller existe sous Dellys, il s'y trouve, sans doute, à une profondeur tellement grande que l'industrie ne peut songer à l'exploiter; mais, nous le répétons, l'hypothèse de son existence est tout à fait gratuite et rien ne la justifie.

La recherc d'un gîte de combusti aux enviro de Dellys par des sond verticaux offre peu de chan de succès

Ainsi, dans tous les cas, soit que les fragments de combustible englobés dans le basalte de Dellys proviennent d'une véritable couche de houille (ce qui est très-peu probable), soit qu'ils proviennent d'une simple lentille de lignite tertiaire entraînée par le basalte (hypothèse un peu plus probable que la précédente), on voit que les chances de succès de trouver ce dépôt de combustible au moyen de sondages verticaux sont très-minimes, et qu'une compagnie qui entreprendrait des sondages de cette nature doit s'attendre à des mécomptes de toute espèce, et sera exposée à engloutir en pure perte des sommes très-considérables.

Nature alcal des eaux pota du terrain terti moyen des enviro de Dellys

Les eaux potables du terrain tertiaire moyen ont à peu près la même composition que les eaux potables des terrains cristallins de la Kabylie, et l'on comprend *à priori* qu'il pouvait en être ainsi, puisque les roches du terrain tertiaire moyen sont formées le plus souvent avec des débris arrachés aux terrains cristallins. Elles contiennent par kilog. d'eau $0^{g},5037$ à $1^{g},2743$ de sels divers formés de chlorure de sodium, sulfate et carbonate de soude; carbonates de chaux et de magnésie, avec de faibles quantités d'oxyde de fer et de silice gé-

traverse dans une gorge très-profonde; de même, les vallées de l'Oued Chra-Cher et de l'oued Shonder coupent de part en part l'îlot granitique d'Azib-Zamoun. Toutes ces vallées transversales dans des roches cristallines, généralement très-dures à une faible profondeur au-dessous du sol, sont à peu près parallèles dirigées du sud-sud-est au nord-nord-ouest. Si les unes paraissent dues à des érosions naturelles qui, à la suite des siècles, ont abaissé le niveau des vallées primitives, d'autres pourraient être attribuées à un cataclysme subit. Les gorges de l'oued Sébaou, dans le massif des Ouled-Boukhalfa, sont dans ce cas.

Le terrain quaternaire fournit des sources d'eau potable et de bonne qualité. L'eau de la fontaine du caïd de Sidi-bel-Abbès-Foukani, près de l'embouchure de l'Isser, renferme par kilog. $0^{g},8045$ de matières salines, composées de chlorures de sodium et magnésium, nitrates de soude et de potasse, sulfates et carbonates de chaux et magnésie; traces d'oxyde de fer, de phosphates terreux et silice. Elle diffère des eaux potables des terrains cristallins et tertiaire moyen par l'absence des sulfate et carbonate de soude, la présence des sulfates de chaux et magnésie et des nitrates de potasse et de soude. Leur composition les rapproche des eaux tertiaires du Sahel de la province d'Alger.

Le terrain alluvien forme des plaines très-fertiles Terrain all
argilo-sableuses le long du Sébaou et de l'Isser. A la partie inférieure du cours de l'Isser, ses plaines sont souvent marécageuses et donnent lieu à des fièvres paludéennes. Il serait facile de faire disparaître cette cause d'insalubrité.

RAPPORT

SUR

L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE DE LOCOMOTIVE SUR LE CHEMIN DE FER DU MIDI.

Par M. NOBLEMAIRE, ingénieur des mines.

Le 7 juin, une machine locomotive, système Engerth, a fait explosion à Agen dans les circonstances suivantes.

Elle avait été allumée à onze heures du matin et sortait à une heure du dépôt pour aller se mettre en tête du train de marchandises 121; le tender avait été rempli d'eau et la machine alimentée au repos au moyen du petit cheval-vapeur. Obligé de s'arrêter sur la voie du dépôt pour laisser achever une manœuvre, le mécanicien, après avoir graissé sa machine, s'en éloigna avec le chauffeur, et fut s'asseoir à l'ombre d'une voiture garée sur une voie latérale, à 3 mètres en arrière du tender. Moins de cinq minutes après, à une heure vingt minutes environ, la machine faisait explosion, et ces deux agents étaient miraculeusement préservés de toute atteinte.

Rappelons en peu de mots le principe de la construction de la machine. Dispositio de la machi

La chaudière, d'un diamètre intérieur de $1^m,36$ et longue de $4^m,75$ entre les plaques tubulaires, est composée de cinq anneaux de tôle de $0^m,013$ d'épaisseur. Chacun d'eux est formé d'une seule feuille, dont les deux extrémités sont reliées par quatre lignes de rivets à un couvre-joint horizontal extérieur, de $0^m,20$ de lar-

lieu de l'anneau. Le couvre-joint horizontal réunissant les deux extrémités de la feuille n° 3 s'est rompu suivant l'une des lignes de rivets, la feuille elle-même s'est rabattue à droite en tournant autour de l'arête supérieure du second support. Elle s'est brisée dans ce mouvement en deux parties, dont l'une est restée attenante à la chaudière ; l'autre (*fig.* 2) est tombée au pied de la machine : il n'y a eu, pour cette feuille, aucun effet de projection.

Dans cette circonstance, les deux supports ont complétement résisté, sauf celui d'arrière dont une des cornières du côté gauche (C, *fig.* 3) a cédé suivant une ligne de rivets, sur une longueur de $0^m,55$; leur arête supérieure a provoqué des déchirures dans les feuilles de tôle rabattues ; mais il est probable que les conséquences auraient été plus graves pour la machine si ces supports n'avaient pas été rivés et si la chaudière n'avait fait que reposer sur eux, comme certains constructeurs le pratiquent.

Discussio des caus de l'accide

1° Alimenta

Il résulte de l'ensemble des faits recueillis, que la chaudière ne manquait pas d'eau au moment de l'accident ; la machine, allumée depuis deux heures, n'avait pas fait de manœuvres, et par conséquent pas dépensé de vapeur ; 25 minutes avant l'explosion, le chef du dépôt d'Agen a vu fonctionner le petit cheval d'alimentation. Si d'ailleurs la chaudière avait manqué d'eau, les effets de l'explosion auraient été tout autres ; certaines parties de la chaudière, les tubes, le ciel de la boîte à feu auraient rougi, et l'on comprendrait qu'au moment de la mise en marche l'eau projetée sur ces surfaces eût produit un excès de vapeur ; les tubes, d'ailleurs, se seraient sans doute crevés, la boîte à feu aurait été altérée : rien de tout cela n'a eu lieu ; la machine était en repos, les tubes ont été étirés par l'ex-

45 mètres à gauche s'est bien déchirée en deux endroits (*fig.* 4); la feuille 3 s'est déchirée en D (*fig.* 3); en frappant contre les boudins des roues, elle s'est même rompue en deux parties; mais ces accidents ont été manifestement produits par l'explosion et ne l'ont pas provoquée.

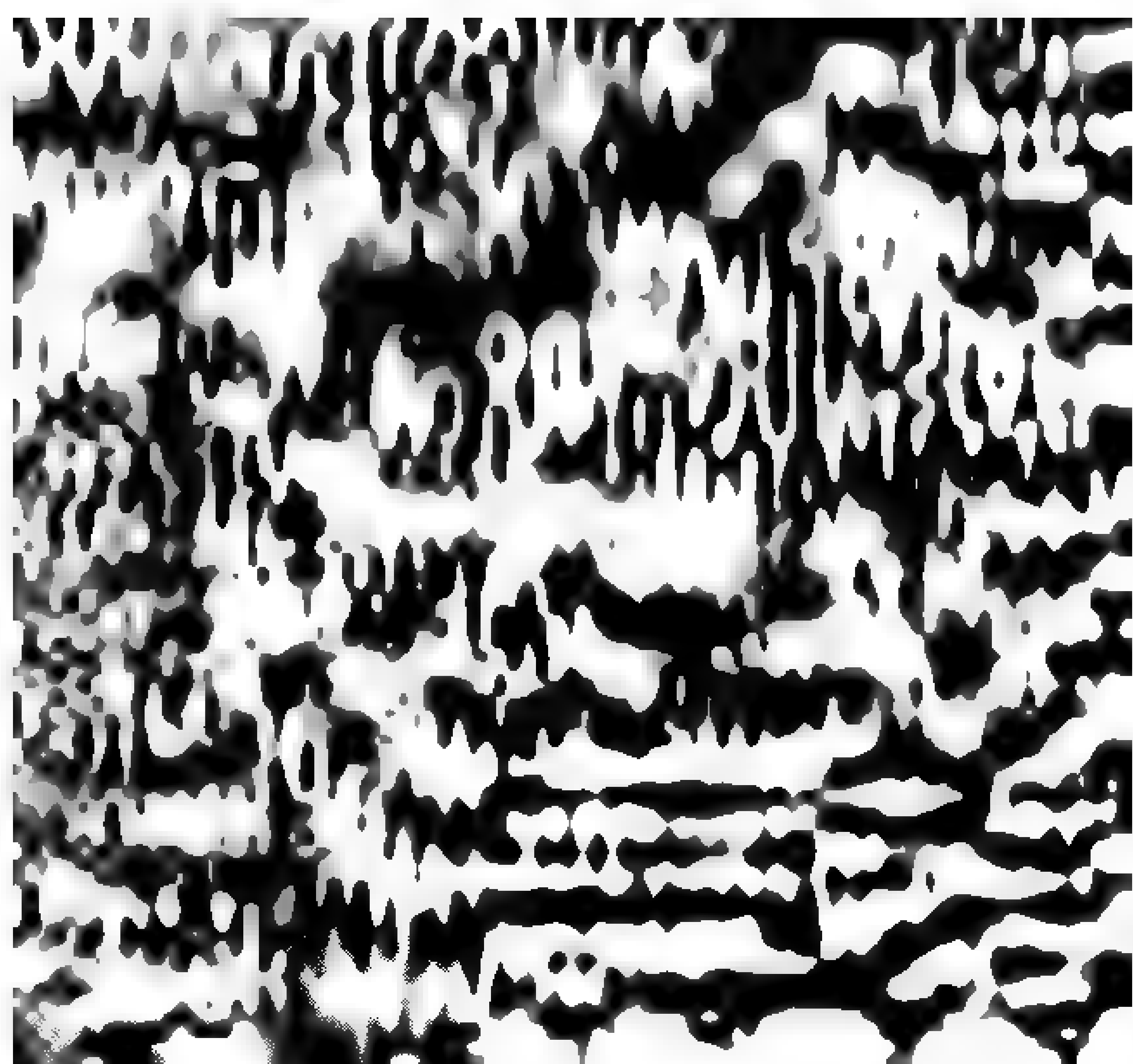
Nature des couvre-joints.

Tous les couvre-joints, au contraire, ont cédé suivant leur ligne de moindre résistance. Les viroles qui réunissent deux feuilles consécutives ont $0^{m},12$ de largeur et $0^{m},013$ d'épaisseur; leur résistance est augmentée par la soudure de leurs extrémités, qui en fait des anneaux continus : elles sont percées de deux lignes de rivures éloignées de $0^{m},07$; l'espacement moyen des trous de rivets est de 0,06 d'axe en axe, leur diamètre de 0,02.

La qualité de tous ces couvre-joints m'a paru plus mauvaise que celle des tôles. Les trous de rivure n'y sont pas très-régulièrement percés; leur espacement varie de $0^{m},05$ à $0^{m},07$. Si la même irrégularité n'existait pas dans les feuilles de la chaudière, les rivets devaient produire des tiraillements qui fatiguaient l'assemblage. Cet effet peut se remarquer sur la partie de la feuille n° 2, qui a été lancée à 45 mètres de la machine; il a produit en trois endroits, dans l'anneau qui réunissait les feuilles 2 et 3, d'étroites fissures allant du rivet au bord du couvre-joint. Au point L de la feuille projetée (*fig.* 4), où la déchirure s'est propagée, du couvre-joint à la feuille même, il y avait dans le couvre-joint un défaut de soudure bien manifesté dans la cassure par une surface plane oblique de $0^{m},013$ de profondeur. Enfin, M. le garde-mines Martine a cru remarquer à la partie supérieure des déchirures des viroles A et B les traces d'une fissure préexistante de $0^{m},30$ de longueur et 0,005 de hauteur. Je n'ai pu vérifier le fait :

chaudière la pression par centimètre quarré ne dépasse le dixième de la charge de rupture.

Il conviendrait peut-être de recommander, dans le même but, l'usage de feuilles de tôle renflées aux extrémités qui doivent être percées pour la rivure, telles que plusieurs constructeurs anglais, notamment MM. Sharp et Stewart, les emploient aujourd'hui d'une manière courante.



[redacted]

MÉMOIRE

SUR LA FABRICATION DU COKE A FORBACH ET HIRSCHBACH.

Par M. DIEUDONNÉ, ancien élève de l'École polytechnique, inspecteur du matériel aux chemins de fer de l'Est.

La compagnie des chemins de fer de l'Est a établi deux usines pour la fabrication du coke : l'une à Forbach, sur le territoire français, à 4 kil. de la frontière prussienne; l'autre à Hirschbach, à 17 kil. environ de la première, et sur le territoire prussien. Les deux établissements sont reliés au réseau de l'Est par le chemin de fer de Sarrebrück à Metz. La construction a été dirigée par M. Félix Bonnet, ingénieur civil.

Les houilles qu'on emploie pour la fabrication du coke proviennent toutes du bassin de Sarrebrück. Elles sont moyennement grasses; elles offrent un vif éclat, peu de consistance et peu de dureté; leur couleur est noir foncé : ces caractères annoncent une assez forte proportion d'hydrogène et beaucoup de carbone. Elles se boursouflent peu à la distillation; leur coke a peu de densité, il est très-poreux.

Voici la marche adoptée dans le travail qui suit : d'abord une description des deux usines; puis l'examen particulier de chacune des opérations que subit la houille : réception, broyage, lavage, carbonisation et chargement; puis le tableau des rendements; enfin une évaluation des prix de revient.

Descripti générale de l'usin de Forba

L'usine de Forbach (Pl. X et XI) est située près de la gare du chemin de fer, avec laquelle des voies ferrées la mettent en communication : elle se compose d'estacades pour le déchargement de la houille, de bâtiments

[redacted]

à mesure des besoins, elle est élevée et roulée sur les fours.

Ainsi les bâtiments d'exploitation se trouvent divisés en trois étages : à l'étage supérieur se trouvent les voies qui amènent la houille des monte-charges aux moulins, aux lavoirs et aux fours. Au deuxième se trouvent les lavoirs et les moulins : c'est le niveau de la sole des fours ; au premier sont des voies de transport servant aux manipulations de la houille.

Les fours, au nombre de 102, sont placés sur une seule ligne, derrière laquelle se trouve un plan incliné servant au déchargement ; le coke y est poussé au sortir du four à l'aide d'un repoussoir, machine qui se déplace sur un petit chemin de fer parallèlement aux fours. Le bord du plan incliné, ou quai, est situé à 1m.05 au-dessus de la voie, où sont préparés les grands wagons de transport ; de sorte que le chargement du coke peut se faire commodément. De là les wagons, traînés par des chevaux, suivent la grande voie qui contourne le chantier, et reviennent chargés de coke près des estacades, d'où ils étaient partis après avoir versé leur houille.

Derrière les fours se trouve un grand espace libre, où l'on peut entasser une grande provision de coke pour l'hiver.

L'eau nécessaire au lavage est prise dans un ruisseau qui traverse le chantier sous un aqueduc. Cette source est assez abondante pour suffire largement aux besoins de la fabrication. Les machines font marcher une pompe, qui monte l'eau jusque dans un grand réservoir, dont la surface supérieure est à 15 mètres environ au-dessus du niveau du ruisseau. De là elle se répand dens l'intérieur de l'usine pour le lavage et l'extinction du coke.

En sortant des lavoirs, l'eau chargée de particules très-fines, appelées schlams, se rend dans les bassins

Forbach dans un réservoir, d'où elle se répand dans l'usine. La hauteur d'élévation est de 25 mètres environ, la conduite fait un grand détour : elle n'aurait pu suivre facilement la ligne droite, à cause du talus escarpé qu'elle aurait rencontré derrière les fours. L'eau est montée par deux machines de 4 chevaux chacune.

Nous avons déjà trois machines dans l'usine; la quatrième, forte de 20 chevaux, fait marcher au maximum trois moulins et douze lavoirs : elle ne pourrait pas faire davantage.

Les deux machines élévatoires ont chacune leur chaudière. Une troisième chaudière sert à la grande machine et à celle du plan incliné. L'eau est tirée d'une source particulière ; elle est beaucoup plus propre que celle de l'étang.

Prenons maintenant en détail chacune des opérations dont nous venons de donner un rapide aperçu, nous suivrons l'ordre de la fabrication.

Récepti
de houi
à Forba

A Forbach, les wagons de houille sont amenés sur les estacades à bras d'homme. Ces estacades ont 32 mètres de long sur 45 mètres de large, et 5^{m},70 de hauteur. Elles présentent quatre voies.

On y a établi un grillage pour cribler la houille. Comme la houile est broyée, comme d'ailleurs le lavage enlève les matières étrangères, il y a avantage à garder la grosse, et à n'employer à la fabrication que ce qui passe à travers les grilles.

Les wagonnets qui servent aux transports intérieurs de la houille sont amenés sous les estacades et chargés à la pelle. Deux voies servent au transport vers le monte-charge : l'une est pour les wagons pleins, l'autre pour ceux qui reviennent à vide. La première se bifurque, afin que la houille puisse être amenée à l'un ou l'autre plateau du monte-charge.

tenue en place par une petite goupille attachée à une chaînette. Ce mode de fermeture est très-hermétique, et fonctionne très-bien dans les commencements; mais, au bout d'un certain temps, lorsque les pièces ont joué par l'usage, il devient assez difficile à manœuvrer : les ouvriers alors le forcent, et le système finit par se déranger complétement. En un mot, ce système paraît trop compliqué : on vient d'y substituer à Hirschbach un simple verrou s'engageant dans un piton.

La partie du wagonnet qui se détériore le plus rapidement est la charnière de la porte: aussi l'a-t-on renforcée à l'aide d'une lame de tôle intérieure.

Réceptio[n] de houill[e] à Hirschba[ch]

Le plan incliné de Hirschbach est incliné à $\frac{8}{100}$. Le poids à élever est égal à celui de la houille, puisque d'un côté les wagonnets descendent à vide et de l'autre montent remplis. Ces wagonnets ne contiennent que 500 kil.; ils sont faits très-grossièrement, devant être rapidement détériorés par les chocs qu'ils subissent. La machine en peut monter six à la fois, ce qui fait 3.000 kil. de houille par voyage.

Les voies du plan incliné sont munies de contre-rails en bois, pour s'opposer au déraillement, qui, malgré cela, arrive fréquemment, à cause du mauvais état des wagonnets. Des rouleaux, disposés de place en place, servent à soutenir la corde.

Une fois arrivés sur le sommet du plan incliné, les wagonnets sont tournés sur le palier, muni d'un plancher en tôle, pour diminuer la résistance au glissement des roues; puis la houille est versée dans le magasin. Cette manœuvre s'effectue de la manière suivante.

Le magasin est surmonté d'estacades, formées de quatre fermes longitudinales. Les traverses supérieures de ces fermes portent des rails, sur lesquels peuvent glisser deux chariots indépendants l'un de l'autre, et

transversal étant d'ailleurs empêché par les rebords des jantes, le wagon se trouve fixé.

Le système est muni d'un parachute qui consiste essentiellement en quatre dents de fer, sollicitées par des ressorts à mordre dans les montants. Les ressorts jouent à l'instant où la corde se rompt.

Le mécanisme de transmission du monte-charge permet de changer à volonté le sens du mouvement. Deux poulies juxtaposées sont calées, l'une sur un arbre creux, l'autre sur un arbre plein passant à l'intérieur du premier. Ces deux arbres commandent deux pignons coniques engrenant avec la roue motrice, mais chacun à l'extrémité d'un même diamètre de celle-ci. Il en résulte que la rotation des pignons produit celle de la roue motrice dans un sens ou dans l'autre, suivant que la courroie passe sur l'une ou l'autre poulie.

L'arbre moteur est muni d'un frein très-puissant. La fourche d'embrayage et la pédale du frein sont à portée de l'homme qui, du plancher où il attend le wagonnet, dirige le mouvement.

Le broyage a pour but de casser la houille en morceaux à peu près égaux et de petite dimension, condition nécessaire pour qu'elle puisse ensuite subir le lavage. A Hirschbach, la houille est versée des wagonnets sur de petits plans inclinés disposés vis à-vis chaque moulin; elle arrive ainsi immédiatement dans l'intervalle des cônes de broyage, qui sont toujours couverts. Un ouvrier par deux moulins est chargé de retirer les schistes ou les matières ferrugineuses, qui pourraient disloquer le mécanisme. Malgré cette précaution, des moulins ont été quelquefois disloqués par cette cause. Broyag

A Forbach, la houille est versée dans la salle de broyage par des ouvertures faites dans le plancher supérieur. Elle tombe verticalement, et forme des tas où

certaine inclinaison, qui est de 13°, afin d'avoir du mordant. L'inclinaison des dents de l'enveloppe est de 7°, et dans le même sens, c'est-à-dire de manière à ce ce que l'angle supérieur avec la verticale soit dans le sens de la marche. Il en résulte que l'angle du coupant est de 6°.

Représentons (*fig.* 4) deux dents *ab*, *cd* du cône et de l'enveloppe; à l'instant considéré, ces deux dents coupent seulement en *m*, et aussi aux environs du point *m*, sur un espace d'autant plus étendu que l'angle des deux dents sera plus petit. On voit donc que plus cet angle sera petit, plus le broyage ira vite, mais aussi plus le travail nécessaire sera grand; en ouvrant cet angle, on diminue la force nécessaire, mais on augmente la durée de l'opération.

Si *ab* était parallèle à *cd*, il n'y aurait pas de broyage; les petits morceaux passeraient sans être cassés, et les gros resteraient en haut. L'angle en *m* doit donc avoir une certaine valeur pour produire le maximum d'effet : cette valeur a été donnée de 6° par l'expérience.

Si les dents étaient inclinées en sens contraire relativement à l'axe, on voit que l'action du coupant tendrait à faire remonter les morceaux de houille, au lieu de les faire descendre.

La section transversale des dents est indiquée par les *fig.* 4 et 9. On voit que la partie la plus forte est placée dans le sens du mouvement; c'est elle qui coupe; les morceaux de houille brisés glissent ensuite sur la partie arrondie.

La section des dents diminue à mesure qu'on se rapproche du bas du moulin, en même temps que leur nombre augmente. Les intervalles diminuent donc depuis le haut jusqu'au bas. Il y a cinq grosseurs de dents : le cône de la noix a cinq dents de la première

là un mouvement pareil dans la masse d'eau, qui met ainsi en suspension à intervalles égaux les parcelles de houille. Celles-ci étant de grosseur à peu près égale, il en résulte qu'elles tendent à se ranger par ordre de densité : les matières étrangères étant plus denses gagnent le fond ; il y a séparation. Tel est le principe du lavage.

Voyons maintenant les détails de l'appareil. La caisse est alimentée avec un robinet à tampon conique, manœuvrée par une vis, de sorte que l'on peut ouvrir le robinet d'une quantité aussi petite que l'on veut, et graduellement. Cela est nécessaire, parce que si le jet était trop fort, il y aurait projection des morceaux de houille autour de la caisse et perte d'eau. Le tuyau abducteur est placé vis-à-vis la caisse; il se compose de deux parties, l'une fixe, l'autre s'avançant au-dessus de la caisse et pouvant pivoter autour d'un axe vertical : c'est afin de pouvoir retourner la partie mobile, après avoir rempli la caisse; sans cela elle gênerait l'ouvrier.

La caisse présente à sa partie supérieure, d'abord une grille dont les barreaux sont écartés de 0^{m}.16, puis un treillis très-fin formé d'une toile métallique. Supposons-la pleine d'eau : on verse la houille broyée, qui tombe sur la toile; puis on fait marcher le piston. Au bout d'un certain temps, la séparation par ordre de densité est opérée; on enlève à la pelle tout ce qui dépasse la grille. C'est de la houille à peu près pure. Ce qui reste entre la grille et la toile est formé d'abord de houille; puis au-dessous se trouvent des schistes; enfin, à travers la toile ont passé des parcelles très-fines de ces matières étrangères, qu'on appelle des schlams. On recharge de nouveau la grille, et au bout de quelques opérations pareilles, il ne reste plus entre la grille et la toile que

Les schlams forment dans l'angle gauche de la caisse un amas arrondi, qui détruit au bout d'un certain temps le remous produit au commencement dans l'angle *p* (*fig.* 11).

Le piston et la transmission sont représentés Pl. VI, *fig.* 11 à 15. Le piston est lui-même une caisse se mouvant dans un guide. Le mouvement vertical alternatif est transmis au piston par une longue bielle, mue par une manivelle qui reçoit son mouvement de l'arbre de couche, soit par l'intermédiaire d'un engrenage conique, soit par une courroie.

La transmission doit remplir des conditions particulières : lorsqu'une charge a été lavée, il faut que l'ouvrier puisse arrêter à volonté le mouvement du piston, afin de pouvoir enlever à sec la houille qui reste sur la grille. Aussitôt qu'elle est enlevée, il faut que l'ouvrier puisse remettre le piston en mouvement. A cet effet, on a deux crochets *a* (*fig.* 11 et 12), mobiles autour d'un axe fixé au piston, et sollicités par un contrepoids à s'appliquer contre le châssis *b*. En marche, on détruit l'action du contre-poids en attachant lanneau *c* (*fig.* 12) à un crochet fixé à la caisse du piston. Un cran en fer *d* est placé en saillie sur le châssis *b* et à la hauteur des agrafes, vers le point culminant de la course du piston.

D'un autre côté, les tringles *e* (*fig.* 14), qui soulèvent le piston, sont munies de deux patins *f* qui se meuvent dans deux glissières. La fourche de la bielle embrasse la pièce *g*, qui repose sur la tête *h* de cette bielle par l'intermédiaire d'un petit cylindre en bois. La base de ce petit cylindre appuie sur la tête de la bielle, tandis que sa face supérieure supporte la pièce *g*.

Cela posé, supposons que nous voulions arrêter le piston. On attend qu'il arrive au sommet de sa course ;

effet, la houille sortant des moulins est en morceaux qui ne dépassent pas une grosseur de 6 millimètres, mais qui peuvent être plus petits. Les morceaux de houille et de schiste n'étant pas tous de grosseur égale, il en résulte que de petits morceaux de schiste peuvent rester sur la grille supérieure, et au contraire les plus gros morceaux de houille peuvent descendre parmi les schistes. Car, en désignant par R et r les rayons moyens des morceaux de houille et de schiste, par δ et Δ leurs densités respectives, par p la densité de l'eau, il suffit qu'on ait $\frac{R}{r} = \sqrt[3]{\frac{\Delta - p}{\delta - p}}$. La séparation ne peut donc être entièrement rigoureuse, mais elle est suffisante.

Il importe que les patins du piston soient bien guidés dans les glissières; sans cela il en résulterait des effets obliques qui projetteraient l'eau par l'intervalle entre le piston et son enveloppe. Cet effet se produit un peu à Hirschbach, parce que, la place manquant pour donner une longueur suffisante aux bielles, la tige du piston subit des actions obliques.

La quantité de houille versée à chaque fois dans le lavoir doit être constante. Elle est de 2 hectolitres. Afin de la mesurer chaque fois, on dispose au-dessus ou sur le côté du lavoir une boîte fermée par un fond mobile et ouverte par le haut; un homme suffit pour deux boîtes ou deux lavoirs; il doit à chaque fois bien araser la face supérieure. A cet effet, deux hommes manœuvrent le monte-charge et roulent les wagonnets jusque sur le bord du plancher. Là ils sont vidés sur le plancher inférieur, qui est de niveau avec la face supérieure des boîtes. Quand on veut remplir le lavoir, il suffit d'ouvrir le fond de la boîte.

Au sortir du lavoir, la houille et les schistes sont versés à la pelle par les ouvertures du plancher dans

manque. Celles-ci doivent être évitées autant que possible; elles coûtent cher, sont longues à manœuvrer et ne tardent pas à se détériorer par la négligence des hommes. De plus, celles qui servent aux wagons chargés de houille lavée sont souvent arrêtées en hiver par la congélation de l'eau, qui tombe goutte à goutte par les petits trous ménagés au fond des wagonnets. On est même obligé par les grands froids d'entretenir du feu auprès de ces plaques pour empêcher cet effet de se produire. C'est assez dangereux, mais inévitable.

Le coke non lavé présente beaucoup de matières étrangères intercalées dans sa masse; il est de qualité bien inférieure. L'insuffisance de la source d'Hirschbach ne permettant pas d'y laver toujours, on a cherché différents moyens de se procurer de l'eau. Dernièrement, un sondage a été essayé sur la lisière de la forêt, mais on n'a rien trouvé. Cependant on aura bientôt plus d'eau qu'auparavant, parce qu'on prendra à la mine une partie de son eau d'épuisement. Cette eau ne pourra servir que pour les lavoirs; car, sortant d'une mine, elle sera probablement acide; son emploi serait nuisible aux chaudières.

Les bassins d'épuration sont placés en gradins, de sorte qu'ils se remplissent en commençant par le haut. Quand le premier est rempli, les schlams liquides passent au second par un déversoir, et ainsi de suite; puis l'eau filtre à travers la paroi du dernier bassin pour retourner à la source. Quand l'eau est partie, les schlams qu'on retire sont portées aux remblais. Bassins d'épuration.

A Hirschbach, le revêtement des parois a été fait en clayonnage, c'est-à-dire au moyen de branches flexibles enroulées autour de piquets fixés suivant la ligne de plus grande pente des talus. A Forbach, le revêtement

obligé de le couvrir et d'y envoyer la vapeur d'échappement de la grande machine.

Fours et carbonisat[ion]

La carbonisation a pour objet de transformer la houille en coke, en chassant les matières volatiles. Si l'opération se faisait à l'air, il y aurait beaucoup de déchet; faute de pouvoir obtenir un tirage suffisant, l'opération serait très-longue, la température peu élevée, et l'on obtiendrait un coke très-friable. La carbonisation de la houille doit donc se faire en vase clos, c'est-à-dire dans des fours.

Avant de décrire chaque système de fours, faisons quelques observations relatives à tous les systèmes.

Un four se compose essentiellement d'un espace fermé où s'opère la combustion; il est muni d'ouvertures par où l'on peut appeler l'air à volonté. Les fours se divisent en deux catégories principales : les fours à sole chauffée et ceux à sole non chauffée. Dans ces derniers, les gaz sont appelés dans la cheminée immédiatement en sortant des fours; la chaleur qu'ils emportent avec eux est perdue. Au contraire, dans les fours à sole chauffée, les gaz sont conduits sous la sole, y parcourent en brûlant un chemin plus ou moins long, et ne quittent le four qu'après lui avoir laissé la plus grande partie de leur chaleur.

Le coke présente un aspect différent, suivant qu'il provient de fours appartenant à l'un ou l'autre genre. En effet, dans les fours à sole non chauffée, la distillation commence par le haut et descend progressivement jusqu'en bas. Quand la sole est chauffée, la distillation commence à la fois par le haut et par le bas; il se produit dans la masse de coke une rupture vers le milieu du four, à l'endroit où les deux distillations se rejoignent. Aussi les morceaux sont presque quarrés,

en briques réfractaires toutes les parties qui doivent toucher la flamme ou les gaz. Derrière se trouve généralement une enveloppe en briques rouges ; les massifs se font en maçonnerie de moellon ou en terre pilonnée. On emploie le mortier ordinaire pour toutes les parties qui ne doivent pas toucher le feu ; mais pour les autres on prend du mortier réfractaire, formé de deux parties de ciment réfractaire pour une de sable blanc. Parmi les briques réfractaires, il faut distinguer les briques plates, les briques coniques pour voûtes, et les briques spéciales placées généralement aux angles comme raccordement : celles-ci sont les plus chères. La fonte et le fer entrent aussi dans la construction des fours : le fer sert à consolider la maçonnerie. La dilatation des matériaux fait subir aux fours des efforts énormes ; on ne peut donc leur appliquer les règles des constructions ordinaires ; l'expérience a donné les dimensions de leurs différentes parties.

Quand un four vient d'être construit, il faut commencer par sécher la maçonnerie ; pour cela on y allume un feu de grosse houille dont on augmente progressivement l'intensité. La durée de cette opération varie suivant que le temps a été plus ou moins humide pendant la construction ; elle a varié de quinze jours à deux mois. Pendant ce desséchement, il faut observer souvent comment se comporte la maçonnerie ; si l'on aperçoit des lézardes ou autres accidents, on s'efforce d'y remédier s'il en est temps encore. Quand le four est prêt, on introduit une charge moitié de la charge ordinaire, et on l'augmente progressivement jusqu'à ce qu'on ait atteint le roulement régulier. Alors le four reste constamment rouge ; après le défournement, la charge suivante s'enflamme aussitôt qu'elle arrive dans le four.

[redacted]

Certains morceaux de coke présentent des parties miroitantes, qui semblent avoir subi un commencement de fusion. Ces parties sont très-riches en goudron; cet effet se produit surtout dans les fours où la température est la plus élevée; pour le faciliter, il suffit de donner un fort coup de feu. C'est d'ailleurs un indice de la bonté de l'opération.

Les fours sont réunis par batteries. Le nombre renfermé dans une batterie dépend de l'état des lieux et des dimensions des fours. Une batterie est terminée à chaque extrémité par une épaisse culée, qui doit être assez forte pour résister à la dilatation de la maçonnerie, ou au moins céder sans dislocation de l'ensemble. Si les batteries renfermaient un trop grand nombre de fours, les dilatations successives en s'ajoutant pourraient produire un trop grand effort aux extrémités et renverser les derniers fours.

La houille employée dans les deux usines ne se boursouflant pas d'une manière sensible, on peut charger les fours jusqu'aux naissances. La charge de coke incandescente peut être impunément exposée à l'air au sortir du four sans se fendiller. Les houilles trop grasses n'ont pas cet avantage; ainsi on en voit en Angleterre qui ne peuvent sortir du four avant d'être complétement refroidies; sans cela le coke s'écraserait. La carbonisation est alors très-longue, parce qu'outre le temps du refroidissement, on est obligé de marcher très-lentement, sous peine d'avoir un coke très-friable. Quant à l'inflammation de la charge suivante, elle se fait facilement dans ce cas avec un seul fagot, parce que ces houilles très-grasses ont la propriété de prendre feu aisément.

Examinons maintenant chaque système de fours, et d'abord celui des fours ronds, fours à sole non chauf- Fours ro

[redacted]

tion adoptée, on évite cet inconvénient, et la température est plus uniforme dans les différentes parties.

Les descentes sont prolongées jusqu'à la plate-forme supérieure, et fermées avec des tampons en fonte *m*. C'est afin que, s'il y a un engorgement, on puisse le détruire facilement. Au-dessus de la prise de flamme, la chemise en briques réfractaires est moins épaisse ; et en effet la température doit être moins élevée dans cette partie.

Les prises de flamme ont une forme assez compliquée : en section verticale, elles vont en s'agrandissant du côté de la descente, à cause du raccordement nécessaire avec la voûte ; en section horizontale, au contraire, elles se rétrécissent vers la descente, pour favoriser le tirage.

Les fours sont fermés par des portes en fonte à deux battants *n*, pouvant tourner autour de gonds fixés solidement à la maçonnerie. C'est par là qu'on sort la charge d'un seul bloc au moyen d'un repoussoir, qui, introduit par une porte, fait sortir la charge par la porte opposée. La houille se boursouflant très-peu, il s'ensuit que pour donner passage au coke formé, il suffit que les portes s'élèvent jusqu'aux naissances. L'espace compris entre le dessus des portes et le contour de la voûte est fermé par deux petites voûtes en arc de cercle, sur laquelle s'appuie le haut des portes. Si l'on eût prolongé celles-ci jusqu'au sommet du four, leur poids aurait beaucoup augmenté ; ce serait plus cher, et il serait impossible à un seul homme de les manœuvrer, puisque c'est déjà assez difficile avec les dimensions actuelles. De plus, il y a par ces portes métalliques une forte perte de chaleur ; à chaque opération, on est obligé de luter soigneusement les angles pour éviter l'entrée de l'air, et la

maintiennent le tourillon de la porte. A l'endroit de la rupture ordinaire, la section est celle représentée dans la figure ci-contre.

Chaque armature présente une ouverture *i* où l'on passe une tringle qui sert à fermer hermétiquement la porte pendant le travail.

La porte est garnie d'un seuil en fonte; dans la construction, on laisse un petit intervalle entre ce seuil et la maçonnerie, de peur que la dilatation de celle-ci ne le déjette.

Revenons à l'intérieur du four. Au bas des descentes, les gaz arrivent sous la sole. Les deux carneaux communiquent par deux ouvertures pratiquées dans leur pied droit commun, à l'extrémité du côté droit. Il en résulte que les gaz qui sortent des descentes ont d'autant plus de chemin à parcourir, et par suite d'autant plus de frottement à subir que ces descentes s'éloignent plus vers la gauche; de là une cause d'inégalité dans le tirage. On y remédie efficacement en y restreignant progressivement de la gauche à la droite le débouché des descentes.

A l'extrémité gauche du second carneau se trouve la grande descente *d* qui amène les gaz dans le grand carneau *e* (*fig.* 4). L'ouverture de cette descente est manœuvrée par un registre *i*. C'est ce registre qui sert à régler le tirage du four; on voit que s'il est fermé les carneaux conserveront leur chaleur. Étant placé près de l'extrémité gauche du four, on le manœuvre facilement avec une petite tige en fer qu'on passe par le regard *m*.

Il peut arriver que la grande descente d'un four ait besoin de réparation. Pour ne pas être obligé, dans ce cas, d'arrêter le four, on ménage dans les pieds-droits des voûtes des ouvertures, qui permettent de faire

[redacted]

échancrures. Il y a quatre prises d'air par four (1).

Pour manœuvrer les wagons sur le haut des fours, on y dispose deux voies. Les rails reposent sur des dés en pierre de taille; de place en place il y a une plaque tournante.

Le sommet des fours est formé de deux plans inclinés pour l'écoulement des eaux.

Il y a à Forbach cent deux fours, formant deux batteries de dix-sept à chaque extrémité, et au milieu deux batteries de trente-quatre. Il y a trois cheminées; chacune est placée vis-à-vis l'intervalle de deux batteries. Il eût été moins bon de faire trois batteries de trente-quatre fours, avec une cheminée au milieu de chacune; en effet, l'étude de la disposition intérieure d'une cheminée montrera qu'il eût fallu laisser vis-à-vis celle-ci un fort massif de maçonnerie correspondant à sa largeur.

La dilatation a produit des effets très-considérables sur les fours de Forbach, qui marchent depuis trois ans. Chaque four s'est dilaté de $0^{m},01$ environ; de sorte que sur une batterie de trente-quatre fours, cela fait $0^{m}.17$ de chaque côté. Or la culée pénétrant assez profondément en terre en terre, la butée arrête sa fondation, et il ne peut se produire qu'un mouvement de rotation autour du pied. Cet effet se remarque sur la culée et sur les fours voisins des extrémités; ceux-ci s'inclinent en pivotant autour d'un axe horizontal, de sorte que leurs armatnres deviennent obliques. Quant à la culée, qui présentait un fruit, elle devient verticale, et même s'avance en surplomb. Ces effets faciles à prévoir se sont produits à Forbach surtout.

---

(1) Elles ne fonctionneraient toutes que dans le cas où il y aurait engorgement.

Il y a encore une autre modification introduite dans ces nouveaux fours. Ils présentent trois carneaux sous la sole au lieu de deux, et l'intervalle étant ainsi réduit, on a pu remplacer les voûtes par des plates-bandes formées d'une seule brique.

La suppression des voûtes sous la sole paraît devoir être une grande amélioration. En effet, d'abord les voûtes demandent des briques spéciales qui coûtent plus cher que les autres. Mais leur grave inconvénient, c'est de nécessiter des réparations fréquentes; c'est presque toujours par là que la marche du four est arrêtée, et en effet les pieds-droits s'écartant de 0^m,005 environ de chaque côté de l'axe dans un four large de 1^m,20, il est naturel que les petites voûtes s'effondrent sous la forte pression qu'elles supportent. Leur appareil se disjoint, et, lorsque le repoussoir est introduit dans le four, la pression de ses rouleaux achève la désorganisation.

Avec le nouveau système, les briques spéciales se trouvent supprimées; l'effet de l'écartement des pieds-droits du four n'est plus destructeur, parce que les briques des plates-bandes, s'engageant librement dans la maçonnerie, restent en place lorsque celle-ci a glissé sur elles. De plus, les deux rouleaux du repoussoir, se trouvant à l'aplomb des deux petits pieds-droits, n'agissent plus en porte-à-faux.

Les gaz parcourant trois fois au lieu de deux la longueur de la sole, leur chaleur est mieux utilisée. On pouvait craindre, il est vrai, que le tirage ne fût diminué par cette augmentation de parcours; mais l'expérience a montré qu'il était bien suffisant, même dans les fours de culée qui, n'étant chauffés que d'un côté, se trouvent dans les circonstances les plus défavorables.

les deux conduits *b* (*fig.* 6). De là ils remontent par trois canaux verticaux, et se répandent sous la sole dans deux sens opposés formant deux courants bien distincts, séparés par un mur vertical *dd* (*fig.* 7) placé en diagonale. Pendant cette marche, chaque courant est divisé par de petites murettes isolées, qui, tout en soutenant la sole, rendent uniforme la répartition de la chaleur. Après avoir traversé toute la longueur du four, les deux courants redescendent chacun à une extrémité, suivent deux plans inclinés, traversent la moitié de la longueur du four, enfin s'avalent tous les deux dans une descente *o* située dans l'axe du four et au milieu. Cette descente aboutit au grand carneau *i* (*fig.* 6) qui règne sous toute la longueur des fours.

Un regard sert à manœuvrer le registre de la descente *a*. L'air nécessaire à la combustion arrive d'abord dans le four par de petites ouvertures ménagées dans les portes, puis par les prises d'air. Habituellement on en bouche deux sur trois; sans cela il y aurait trop de chaleur dans cette partie, où le mélange forme chalumeau. Les registres placés au-dessus du grand carneau servent à arrêter la marche du four.

Les regards et prises d'air, du côté de la sortie du four, donnent sur une galerie voûtée qui règne tout le long, et sur laquelle passe la charge. Elle est aérée par des ouvertures ménagées dans le ciel. Cette disposition a permis d'éviter la fosse qui existe à Forbach. Seulement on a été obligé d'étrésillonner cette galerie de place en place, parce que la dilatation des fours menaçait de l'écraser.

La grille *m* devait dans l'origine servir à allumer un feu auxiliaire pour chauffer la sole; mais on n'a pas tardé à s'apercevoir que cette manière d'opérer développait une température tellement élevée que le four

à donner aux deux courants de gaz la direction verticale.

Vers le bas, la cheminée est formée de deux enveloppes : l'une, extérieure, est en briques ordinaires ; l'autre est en briques réfractaires. Dans le haut, cette seconde couche est inutile, parce que la température y est moins élevée. La chemise réfractaire, étant beaucoup plus chaude que l'enveloppe extérieure, elle se dilate beaucoup plus; il faut donc laisser un certain intervalle entre deux. Malgré cela, il se produit souvent de fortes lézardes et souvent même la fumée peut s'y faire jour. Dans ce cas, si l'on veut arrêter cet effet, il faut diminuer la pression des gaz à l'intérieur, et par conséquent baisser le registre, mais cela diminue le tirage.

Les voûtes *b* ont été ménagées au bas de la cheminée, afin que si le tirage était trop fort, on pût les évider et faire entrer par là de l'air froid pour abaisser la température.

Si l'on regarde le haut des cheminées, on voit que les gaz en sortent complétement incolores; il n'y a un peu de fumée que lorsqu'on vient d'allumer un four. On voit donc que dans ces appareils la combustion est complète.

Les différents fours d'une batterie étant inégalement éloignés de la cheminée, si leurs registres étaient également ouverts, il en résulterait que les plus éloignés auraient un tirage sensiblement moindre que les plus voisins. Pour empêcher cela, on a opéré d'abord sur les deux fours extrêmes, le plus près et le plus loin, et on a mesuré la grandeur des ouvertures qui donnaient un bon tirage pour ces deux fours. S'il y a n fours intermédiaires, en partageant la différence entre les deux ouvertures observées en $n + 1$ parties égales, on forme

assemblées à demeure, au moyen de six boulons ; la seconde partie est longue de 3^{m},50 ; la troisième de 3^{m},70. Elles sont placées sur les supports, en *b*, et sont prêtes à être mises en place.

La chaleur du coke se communique à l'appareil, de sorte que la crémaillère s'avançant, si on la laissait sans appui sur toute la longueur du four, elle pourrait fléchir sous son propre poids, et sous l'action de la force motrice. Aussi on y attache des chapes mobiles C, munies de rouleaux qui reposent sur la sole. On met deux chapes pour la longueur du four. On les met en place très-vite avec des clavettes.

Les manivelles motrices *m* commandent un arbre qui porte deux pignons *i*, *o*. Cet arbre peut recevoir un déplacement longitudinal, de manière à embrayer l'un des pignons, soit avec la roue *l*, soit avec la roue *n* (*fig.* 2). Ce déplacement s'effectue à la main ; les deux leviers *h*, équilibrés par des contre-poids, portent à leur extrémité des cales qui s'engagent dans des évidements creusés sur le pourtour de l'arbre ; on peut ainsi fixer celui-ci dans les deux positions voulues. La roue *n* commande le pignon qui engrène avec la crémaillère. Dans la position représentée sur la figure, l'arbre moteur n'agit sur la roue *n* que par l'intermédiaire de la roue *l* et du pignon calé sur le même axe. On a peu de vitesse et beaucoup de force : c'est la position du déchargement. Si l'autre pignon *o* engrenait directement avec la roue, on aurait moins de force et plus de vitesse : c'est la position pour retirer la crémaillère.

Les supports sont en fonte : ils reposent par six roues sur trois files de rails : les deux plus voisins du four sont plus forts, parce qu'ils ont à supporter le poids des engrenages, tandis que les autres ne portent que le bout de la crémaillère.

maintenu le plan horizontal, certains morceaux auraient été soulevés comme des coins.

L'extinction du coke se fait à l'eau ou au fraisil. Pour l'extinction à l'eau, on dispose en avant des rangées de four un tuyau de conduite, avec des prises de place en place, pour alimenter de petits réservoirs. C'est là que les ouvriers emplissent leurs seaux, qu'ils versent sur le coke. Le second mode d'extinction consiste à former des tas de coke, que l'on couvre entièrement avec du fraisil; cette couche empêche le contact de l'air, et le coke s'éteint; mais il faut deux jours.

L'extinction à l'eau est plus rapide et demande moins de main-d'œuvre; mais elle est pénible pour les ouvriers, surtout en été. Dans certaines usines de Prusse, au lieu de verser l'eau au moyen de seaux, on la dirige sur les différents points de la masse à éteindre avec des tuyaux en cuir adaptés de place en place sur la conduite. Ce système pourrait être établi à Forbach et à Hirschbach, sans beaucoup de frais; car on dispose partout d'une hauteur d'eau bien suffisante. Il est moins pénible pour l'ouvrier; mais il est douteux qu'avec un filet d'eau assez mince on puisse éteindre aussi rapidement qu'avec un certain nombre de seaux versés sans relâche. De plus, le nuage de vapeur qui se forme au-dessus du coke empêcherait de diriger le jet d'eau aux points convenables. Ce système demande moins de main-d'œuvre, mais éteint moins bien.

L'extinction à l'eau offre l'avantage d'enlever les sulfures : le soufre, existant à l'état de bisulfure dans la houille, est passé à l'état de protosulfure dans le coke, de sorte qu'avec l'eau il y a décomposition réciproque. On sent parfaitement, en effet, le dégagement d'hydrogène sulfuré.

Les brouettes contiennent 80 kil. environ de coke et coûtent 50 francs, tandis que les civières ne coûtent que 12 francs. Mais celles-ci s'usent très-rapidement quand le coke est mal éteint, de sorte que les brouettes sont plus économiques pour le coke éteint au fraisil. Elles offrent aussi l'avantage de mieux utiliser la force dépensée.

On peut comparer, comme main-d'œuvre, les deux procédés d'extinction. A Forbach, pour défourner dix-huit fours, éteindre à l'eau et charger, il faut vingt-trois hommes; à Hirschbach, pour défourner vingt fours de M. Dubochet, éteindre au fraisil et charger, il faut trente-trois hommes. En tenant compte du rapport des charges, qui est de 6 tonnes dans les premiers, de 7 tonnes dans les seconds, on trouve que pour un four le nombre d'ouvriers est représenté par les nombres 1, 2 dans le premier cas et 1, 4 dans le second.

On voit que l'extinction au fraisil exige plus de main-d'œuvre que l'extinction par l'eau. Cependant, grâce à une disposition particulière, ce système est avantageusement employé dans l'établissement de fours à coke de M. de Wendel, à Sulzbach (Prusse). En effet, un grand nombre de ces fours sont munis de deux plans inclinés : le premier porte les chambres de refroidissement, le second est uni et plus incliné. Avec ce système, on pousse deux charges à la fois. La charge s'éteint d'abord entre les murettes; pendant qu'elle parcourt le second plan, elle se refroidit complétement; de plus, dans ce second trajet, elle se fendille d'elle-même, ce qui facilite la main-d'œuvre et donne des morceaux plus réguliers. Mais ce système serait difficilement applicable aux fours de la compagnie; en effet, ces fours ayant une capacité double de ceux dont il s'agit dans l'exemple précédent, les repoussoirs de-

La tige du piston est mue par un balancier équilibré par un contre-poids. Il faut deux hommes pour mouvoir ce balancier. Le coke retiré du lavoir est séparé à la main en deux numéros qui sont le moyen et le petit coke. Les matières qui restent dans le lavoir sont portées aux remblais.

On n'emploie dans les machines que le gros coke et les plus gros morceaux que l'on choisit à la main dans le moyen coke.

Dans un tas formé depuis un mois, le poids du mètre cube de coke a été de 420 kil.

Roulement des fours et rendement

Donnons d'abord les moyennes de fabrication journalière à Forbach et à Hirschbach dans le courant de juillet 1858.

	Gros coke.	Moyen coke.	Petit coke.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Atelier de Forbach. . . .	62	1,24 ou 2,5 0/0	1,55 ou 2,5 0/0
Atelier de Hirschbach. . .	165	4,00 ou 2,5 0/0	5,00 ou 3,0 0/0
	227	5,24 ou 2,3 0/0	6,55 ou 2,8 0/0

Le tableau de la page 539 sert à comparer le rendement des diverses espèces de fours. Par suite de la disposition des ateliers, le rendement en moyen coke n'a pu être mesuré que pour l'ensemble des fours ; comme il est peu considérable, on l'a supposé également réparti, afin d'avoir le total du rendement.

On sait qu'à Forbach la houille est toujours lavée. Les rendements relatifs à Hirschbach ont été choisis d'abord dans le mois de juin, où on lavait ; puis dans le mois de septembre, où on ne lavait pas. En comparant les deux cas, on voit que le rendement est plus fort quand la houille n'est pas lavée, et cela se conçoit, puisque celle-ci renfermant des schistes qui ne peuvent

	ATELIER DE HIRSCHBACH.									ATELIER DE FORBACH.		
	FOURS DE M. DUBOCHET.			FOURS NEUFS A 3 CARNEAUX.			FOURS RONDS (sole non chauffée)			FOURS A 2 CARNEAUX.		
	Juin 1858.	Septembre 1858.	Moyenne.	Juin 1858.	Septembre 1858.	Moyenne.	Juin 1858.	Septembre 1858.	Moyenne.	Moyenne de janvier, février et mars 1858	Moyenne d'avril, mai et juin 1858.	Moyenne.
Nombre de fours chargés.	578	598	588	180	180	180	435	435	435	630	540	585
Houille chargée. . . lavée. . . .	3.290^t	»	4.099	1.080	»	1.078	3.019	»	3.084,5	4.334	4.088	4.211
Houille chargée. . . non lavée. .	719^t	4.179		»	1.077		10	3.131		»	»	»
Rendement en coke gros.	60,52 0/0	63,43	61,97	60,27	64,40	62,335	55,43	58,51	56,97	53,8	57,3	55,55
Rendement en coke moyen . . .	0,12 0/0	0,16	0,14	0,12	0,16	0,140	0,12	0,16	0,14	2,4	2,6	2,5
Rendement en coke petit	2,49 0/0	1,43	1,66	1,85	2,14	1,995	2,46	1,31	1,88			
Rendement total	63,13 0/0	65,02	64,04	62,24	66,70	64,470	58,01	59,98	58,99	56,2	59,9	57,55
Rendement par four.	$4^t,406^k$	4,600	4,503	3,727	3,970	3,848	4,078	4,219	4,148	3,866	4,534	4,200
Durée moyenne de la cuisson. . .	3 j.	3	3	3	3	3	6	5,80	5,90	3	3	3
Rendement par four et par 24 h^{res}	$1^t,468^k$	1,533	1,500	1,242	1,326	1,284	0,679	0,727	0,703	1,288	1,511	1,399

laire varie un peu, suivant leur poste, qui est plus ou moins pénible.

Le garde-frein d'un monte-charge, qui est aussi rouleur, a 2 francs; les hommes qui chargent les moulins ont aussi 2 francs.

Pour le déchargement des fours et le chargement du coke la journée est de 1f,80; mais il faut qu'un nombre donné d'ouvriers suffisent à un certain nombre de fours.

	fr.
Pour le criblage ou lavage du petit coke. . . .	1,60
Les chauffeurs ont en moyenne.	3,00
Journée de maçon pour réparation des fours. .	2,08
Moyenne de la journée de la forge (forgerons, charrons, vanniers).	2,62

Voici maintenant les prix de Hirschbach :

	fr.
Journée du transport	1,90
Journée de breyage	1,76
Journée de lavage.	1,91
Journée de carbonisation	2,17
Journée de maçon.	2,26
Journée de l'atelier	2,95
Journée de chauffeur	3,57

On voit qu'en résumé la main-d'œuvre est plus chère à Hirschbach.

Les tableaux suivants montrent le nombre d'hommes employés en moyenne dans les deux usines. Pour les dresser, on a choisi dans les situations journalières celles qui semblaient le mieux représenter la marche moyenne.

Situation journalière à Forbach.

(Journée du 26 novembre 1858.)

6 hommes : réparation de matériel.

58 hommes; déchargé 225 tonnes de houille, broyé 144 tonnes avec deux moulins, lavé 127 tonnes avec quatre lavoirs.

18 hommes. (Divers.)

régie, les malades, les indemnités, le chômage des chevaux. Enfin, dans les frais généraux, se trouve aussi comprise la perte sur le change d'argent, en Prusse; cette perte varie suivant le cours; elle est en moyenne de 1 p. 100. La dépense des machines en combustible est répartie sur les différents articles de fabrication auxquels elle se rapporte.

Donnons maintenant quelques métrés relatifs aux diverses constructions ou machines; ces métrés ne sont qu'approximatifs. En leur appliquant les prix relatifs à un pays donné, on aura les principaux éléments des dépenses à faire pour établir une usine à coke. Certains matériaux ont dans tous les pays une valeur à peu près identique, parce qu'on les trouve toujours à peu de distance; telle est la brique rouge, la fonte brute. Mais, pour les matériaux de construction, le prix du mètre cube dépendant aussi de la main-d'œuvre, laquelle varie beaucoup, on ne peut rien dire d'absolu.

Métré d'un four à sole chauffée, à 9 descentes et 2 carneaux :

	m. c.
Briques rouges	9,900
Briques réfractaires droites	11,800
Briques réfractaires coniques.	1,900
Briques réfractaires spéciales	3,600
	kil.
Fonte pour armatures.	305
Fonte pour porte.	2.337
Fer pour tirants	70
	m.q.
Rejointoiement.	125

Ce métré a été fait dans l'hypothèse d'une batterie de trente fours, avec des culées de 2^{m},10. Chaque four a donc, en plus de ses matériaux, un quinzième de ceux de la culée. On a ajouté aussi la part du grand carneau qui revient à un four.

En y appliquant les prix de 40 francs pour le mètre

Avec les prix précédents et 0f,70 pour le fer pour échelons, on trouve pour le prix total 9.250 francs.

Les évaluations de ces trois constructions ne tiennent pas compte des fouilles. Les fondations dépendent de la nature du terrain; cependant une partie des fouilles est faite seulement pour préparer l'emplacement de la maçonnerie. Cette dernière partie peut être évaluée, pour la cheminée, à 92 mètres cubes; pour les carneaux et descentes de flamme et pour le grand carneau, à 30 mètres cubes par four; pour le grand carneau et la descente d'un four rond, à 10 mètres cubes.

Prix d'un wagonnet :

			fr.
2 supports en fonte,	à 0f,35,	150 kil.	52,50
Segment denté en fonte,	à 0f,35,	19 kil.	6,65
4 roues en fonte,	à 0f,455,	200 kil.	91,00
Tôle de 2mm,5 à 8f,19 le mèt. q., 6mq,4023.			52,50
Châssis en bois de chêne, à 120f, 0mc,05291.			6,25
Essieux, ferrures, et main-d'œuvre . . .			291,10
Total			500,00

Terminons par l'énumération de quelques prix d'engins importants :

Couronne de moulin, 148k de fonte à 0f,46	91,50
Moulin entier	2.302,00
Plaque tournante pour wagonnets	326,20
Repoussoir entier	4.814,15
Lavoir avec son piston et la bielle de transmission.	1.000,00

NOTE

SUR LES RÉSULTATS AU POINT DE VUE GÉOLOGIQUE DES TRAVAUX DE CAPTAGE DES SOURCES MINÉRALES DE PLOMBIÈRES.

Par M. JUTIER, ingénieur des mines.

Les eaux minérales de Plombières ont formé des halloysites.

Si l'on compare les conditions de gisement de l'halloysite de Plombières dont l'origine nous paraît bien établie, et les conditions de gisement des halloysites déjà connues, on est porté à conclure que les unes comme les autres sont les résultats d'un dépôt provenant des eaux qui ont décomposé le granite qu'elles ont traversé. Halloysite de Plombières. Origine des halloysites.

L'examen des filons par lesquels viennent au jour les sources minérales de Plombières, permet, suivant nous, de penser que les eaux minérales qui ont déposé du spath fluor ont également déposé de l'halloysite et produit sur le granite avoisinant une décomposition qui paraît être le premier degré de la formation de l'halloysite.

L'halloysite de Plombières contient, comme la nontronite, du silicate de manganèse : elle contient également du manganèse oxydé. On y trouve du silicate de manganèse et du manganèse oxydé.

Si l'on compare les halloysites de Plombières avec celles qui ont été décrites dans d'autres gisements et qui sont presque toutes placées au contact du granite et des terrains sédimentaires, on est frappé de l'analogie qui existe entre tous les minéraux qui les accompagnent. Comparaison de l'halloysite de Plombières avec les halloysites d'une autre provenance. Conséquences relatives à l'origine de quelques gîtes métallifères.

remplissent n'aient pas été véhiculées, déposées par des eaux minérales à des époques plus ou moins éloignées du premier moment de leur émergence.

Ces roches feldspathiques contiennent des cristaux de feldspath disséminés dans la masse, et de petites géodes tapissées de quartz hyalin; elles ressemblent aux eurites porphyroïdes que nous avons eu bien souvent l'occasion d'observer dans la chaîne des Vosges, et les échantillons de provenances si différentes pourraient être confondus par le géologue.

La formati des balloy de Plombi est due à dépôt de s qui se conti en parti à l'époq actuelle

Les dépôts d'halloysite ont été formés à une époque tout à fait récente et presque contemporaine. En effet, nous trouvons dans les alluvions anciennes immédiatement inférieures aux travaux romains une argile rougeâtre qui n'est qu'une halloysite mal purifiée.

On peut donc considérer les sources minérales de Plombières comme déposant de la silice et agissant sur le granite dans la période actuelle, bien que d'une façon presque insensible.

Résumé sur les conséque au point de géologiqu des trava de capta exécutés sur les sou minérale de Plombiè

Nous croyons intéressant, à quelques égards, les faits que nous venons de signaler; il serait superflu en ce moment de faire ressortir les analogies qu'on en peut déduire entre la formation de certains gites métallifères (1) et les dépôts des sources minérales de Plombières.

La présence d'argiles rouges, qui ne sont que des halloysites moins pures, dans les alluvions de la vallée de Plombières, établit un lien non interrompu entre les

(1) Voir le *Bulletin de la société géologique*, t. VIII, 1836, sur le gisement de la nontronite, les jaspes, etc.; les *Annales des mines*, t. III, p. 392, sur le gisement des halloysites et les relations de cette substance avec les gîtes métallifères qu'elle accompagne.

Les sourc minérale de Plombièr de Bains, de la Chaud de Luxeuil, ont la mê origine.

Dans deux rapports en date des 20 août 1855 et 1er novembre 1856, adressés à l'administration, nous établissions la relation qui nous paraissait exister entre la formation par voie de fracture des vallées de l'Eaugronne, de la Semouze, du Coney, de la Combeauté, etc., vallées dont la disposition est si remarquable lorsqu'on jette les yeux sur la carte géologique des Vosges, et l'émergence des sources minérales de Plombières (sur l'Eaugronne), de Bains et de Fontaine-Chaude (sur le Coney), de la Chaudeau (sur la Semouze) : nous avons rencontré à Bains de la baryte sulfatée et du fer oligiste dans le granite, de la baryte sulfatée dans le grès bigarré, qui confirment par leur présence cette analogie.

Les sources minérales de Luxeuil nous paraissaient, d'après la structure géologique du sol, devoir rentrer dans cette famille de sources créées par une même convulsion du globe : nous avons observé auprès des sources, au travers du grès bigarré, un filon de jaspe qui vient encore à l'appui de cette opinion.

Directio des filon qui ont do naissanc aux sourc minérale de Plombiè

Néanmoins, si nous considérons les sources minérales de Plombières, bien que cette origine première des sources minérales nous paraisse incontestable, il est remarquable que tous les filons observés dans la galerie souterraine ont une direction moyenne assez rapprochée de celle du nord-sud magnétique. Cette direction est à peu près perpendiculaire à celle de la vallée, en sorte que les filons par lesquels émergent les sources paraissent appartenir à des fractures de second ordre.

Le pendage est habituellement vers l'amont de la vallée.

Influenc des sourc minérales su forme crista de la bary du spath fl

La forme cristalline de quelques-unes des substances trouvées à Plombières s'écarte parfois des formes que l'on trouve le plus habituellement.

L'halloysite est apparue lorsque cette formation de quartz et de spath-fluor était éteinte : elle représente à un degré supérieur d'énergie un transport de matières silicatées, qui se continue sans doute encore de nos jours sur des proportions excessivement réduites.

Diversité d'as des filons ou fentes par lesquel émergent les sourc minérale

Il est remarquable que les filons ou les fentes correspondant aux sources minérales présentent des aspects très-divers : certaines sources proviennent de filons où domine le quartz ou le spath fluor ; pour d'autres l'halloysite est caractéristique ; enfin le granite n'est nullement altéré au bord de quelques fentes très-nettes par lesquelles s'écoulent des sources très-chaudes et très-abondantes.

Explicatio proposée pour ces anomali

On peut expliquer ces anomalies apparentes en admettant que les incrustations de quartz et de spath fluor, abondantes dans la première période, ont bouché les premières fentes par lesquelles surgissaient les sources : elles ont alors cherché une issue par d'autres fentes, qu'elles ont remplies d'halloysite et de débris arrachés à la formation précédente ; enfin, ces fentes s'étant elles-mêmes obstruées, elles ont trouvé d'autres fractures par lesquelles elles se sont écoulées sans pouvoir altérer même les parois granitiques avec lesquelles elles étaient en contact.

Cette explication est d'autant plus plausible que les sources les plus chaudes, les plus abondantes, appartiennent à cette dernière catégorie (sources Bassompierre, des Capucins, etc.), tandis que les filons remplis de spath fluor, de quartz, d'halloysite, donnent naissance à des sources seulement tièdes et très-peu abondantes (sources Simon, de Luxeuil, etc.).

L'étude du détail de chaque filon, des couches qui le composent, peut fournir des arguments à l'appui de cette explication.

NOTE

SUR UNE QUESTION DE MOUVEMENT RELATIF ET SUR L'APPAREIL PENDULAIRE DE M. SIRE.

Par M. RÉSAL, ingénieur des mines.

Vers l'époque où M. Foucault parvenait, à l'aide de son gyroscope, à montrer aux yeux du monde émerveillé des phénomènes palpables, prouvant de la manière la plus évidente la rotation de la terre, un jeune et modeste physicien, alors préparateur à la faculté des sciences de Besançon et actuellement professeur de physique à La Chaux-de-Fond (Suisse), s'occupait avec non moins de succès du même sujet, à cela près toutefois que les mouvements relatifs étudiés par lui résultaient non de la rotation de la terre, mais d'un mouvement gyratoire artificiel.

Parmi les appareils décrits par M. Sire dans les archives des sciences physiques et naturelles de Genève, il y en a un qui met en évidence un phénomène paradoxal au premier abord, et tout à fait distinct de ceux qui se manifestent dans le gyroscope et ses dérivés; c'est cet appareil déposé au cabinet de physique de la faculté des sciences de Besançon, dont je me propose dans cette note d'étudier les effets dynamiques.

La branche de la mécanique où l'on s'occupe des mouvements relatifs, a été fort peu étudiée jusque dans ces derniers temps, et il n'est pas sans intérêt d'augmenter le nombre si restreint des applications que l'on a su en faire.

une position sensiblement horizontale, lorsque l'on vient à changer le sens du mouvement de la manivelle.

Le jeu de l'appareil de M. Sire reçoit une explication immédiate en se reportant aux propriétés des forces centrifuges composées, exposées dans un autre mémoire sur les mouvements relatifs (*Annales des mines*, tome III, 5e série).

Soient en effet ω, ω' les vitesses angulaires respectives de (S) et du tore; A, M le moment d'inertie du tore par rapport à son axe de rotation et sa masse; l la distance de son centre de gravité au couteau; ρ la distance de l'axe de (S) à l'axe de suspension du pendule. Nous négligerons dans ce qui suit la masse de la chappe en raison de sa petitesse par rapport à celle du tore.

Considérons le cas où le plan d'oscillation coïncide avec le plan méridien; au moment où l'on imprime à (S) son mouvement gyratoire, les forces centrifuges composées développées sur les différents éléments matériels du tore, résultant de la rotation relative de ce dernier par rapport à (S), se réduisent à un couple compris dans le plan d'oscillation dont le moment a pour expression $A\omega\omega'$. Ce couple tendra à éloigner ou à rapprocher le pendule de l'axe de (S), selon que les rotations ω, ω' seront de sens contraire ou de même sens pour l'observateur placé successivement suivant la verticale du centre de gravité et la portion de l'axe du tore comprise entre cette verticale et l'axe de (S), en ayant les pieds en leur point de rencontre.

Dans le premier cas, la force centrifuge composée ajoutera son effet à celui de la force centrifuge, et le pendule s'éloignera de l'axe de (S) avec plus d'énergie que si le tore ne tournait pas.

Dans le second cas, si $A\omega\omega'$ surpasse le moment de la force centrifuge par rapport à l'axe de suspension du

ρ, la distance du milieu de l'axe de suspension à l'axe de rotation de (S);

φ, l'angle aigu formé par ρ avec le plan méridien;

ω, la vitesse angulaire constante de (S).

ω', la vitesse angulaire relative du tore autour de son axe, variable comme nous le verrons plus loin;

n, la valeur initiale de ω' ou la rotation imprimée au tore.

Nous supposerons que le sens relatif des vitesses angulaires ω, ω' est tel que le pendule se déplace en se rapprochant de l'axe de (S).

Le moment par rapport à l'axe de suspension, dû à l'inertie, se réduit à $\frac{d^2\alpha}{dt^2}(B + Ml^2)$, car de la variation de ω' résulte un couple dont le plan passe par cet axe.

Le moment pareil de la pesanteur a pour expression $Mgl \sin \alpha$.

Les axes de ω, ω' faisant entre eux un angle égal au complément de α, la force centrifuge composée résultant de ω' donne le moment $A\omega\omega' \cos \alpha$ (1); quant aux composantes de la vitesse relative des différents points du tore, dues à la rotation $\frac{d\alpha}{dt}$ autour de l'axe de suspension, elles ne donnent que des forces centrifuges composées, parallèles à cet axe, dont les moments sont par suite nuls.

Cherchons maintenant à évaluer les termes auxquels donne lieu la force centrifuge. Concevons le plan horizontal passant par l'axe de suspension et prenons pour origine des coordonnées le pied o (*fig.* 8) de la perpendiculaire Go abaissée du centre de gravité G du tore sur cet axe.

---

(1) Voyez le mémoire cité plus haut (*Annales des mines*, tome III, 5e série).

leur de ω'. Or, la rotation instantanée, dans l'espace absolu, du tore autour de son centre de gravité se compose des rotations $\omega, \omega', \frac{d\alpha}{dt}$; la composante suivant l'axe du tore est $\omega' + \omega \sin \alpha$; mais elle est constante puisque le tore supposé libre n'est soumis qu'à l'action de son poids, des réactions des crapaudines de la chape qui rencontrent son axe, en négligeant toutefois les frottements ; on a donc

$$\omega' + \omega \sin \alpha = n,$$

d'où

$$\omega' = n - \omega \sin \alpha.$$

et l'on a enfin pour l'équation du mouvement pendulaire

$$(1) \quad (B + Ml^2)\frac{d^2\alpha}{dt^2} = (A\omega n - \omega^2 M\rho l \cos \varphi) \cos \alpha - Mlg \sin \alpha + \tfrac{1}{2}\omega^2 \sin 2\alpha (Ml^2 - B).$$

En multipliant cette équation par $d\alpha$, puis intégrant en remarquant que $\frac{d\alpha}{dt} = o$ pour $\alpha = o$, il vient

$$(2) \quad \tfrac{1}{2}(B + Ml^2)\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)^2 = (A\omega n - \omega^2 M\rho l \cos \varphi) \sin \alpha - 2Mlg \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{\omega^2}{2} \sin^2 \alpha (Ml^2 - B)$$

formule qui n'est autre chose que le résultat de l'application du principe des forces vives.

On peut, du reste, arriver immédiatement à cette formule en exprimant que le demi accroissement de la force vive est égal à la somme de travail de la pesanteur et de la force centrifuge. En effet, la force vive du système étant égale à la force vive due au mouvement du centre de gravité augmentée de celle qui résulte du mouvement de rotation autour de ce centre, il vient pour son demi-accroissement

$$\tfrac{1}{2}(B + Ml^2)\frac{d\alpha^2}{dt^2} + \tfrac{1}{2}A(\omega'^2 - n^2).$$

Discutons cette formule : pour de très-petites valeurs de α, le dénominateur de la fraction sous le radical est positif, et le pendule doit s'écarter de la verticale dans le sens supposé, jusqu'au moment où ce dénominateur s'annulera ; la valeur correspondante α' sera la plus petite racine de l'équation

$$(4) \qquad (An\omega - \omega^2 M\rho l \cos\varphi) - \\ - \tang\frac{\alpha}{2}\left[Mgl - \omega^2\cos^2\frac{\alpha}{2}(Ml^2 - B)\right] = 0.$$

A partir de cette valeur, α ne pourra plus croître, puisque alors le radical serait imaginaire ; le pendule devrait donc rétrograder jusqu'à la verticale, α devenant négatif, pour exécuter ensuite une oscillation identique à la première et ainsi de suite.

En posant $z = \tang\frac{\alpha}{2}$, la même équation se transforme en une équation du troisième degré

$$Mgz^3 - (An\omega - \omega^2 M\rho l \cos\varphi)z^2 + [Mgl - \omega^2(Ml^2 - B)]z - \\ - (An\omega - \omega^2 M\rho l \cos\varphi) = 0$$

équation qui a au moins une racine positive ; la plus petite des racines positives de cette équation correspond à l'angle α' qui est par suite inférieur à 180°.

Il existe dans l'intérieur de l'angle α' une position pour laquelle le pendule serait en équilibre stable sous l'action des forces qui le sollicitent, et correspondant au maximum du second membre de l'équation (2). Il est facile de voir que cette position d'équilibre est la seule comprise dans le même angle α' ; car en égalant à zéro le second membre de l'équation (1), il vient

$$(5) \quad An\omega - \omega^2 M\rho l \cos\varphi - \tang\alpha[Mgl - \omega^2\cos^2\alpha(Ml^2 - B)] = 0.$$

quilibre qui convient à la rotation normale de (S), cela tient à ce que le mouvement imprimé à la manivelle par l'expérimentateur n'est pas de suite sensiblement uniforme; il croît à partir de zéro jusqu'à une certaine limite de part et d'autre de laquelle il oscille en raison même des inégalités d'action dues à la nature des êtres organisés. Supposons, en effet, qu'en vertu d'une valeur constante de ω, le pendule s'écarte de la verticale jusqu'en oG' où sa vitesse est nulle; si à cet instant ω subissait un accroissement tel que oG' devînt une position d'équilibre, le pendule resterait en repos; mais si cet accroissement est un peu plus fort, le pendule s'écartera encore de la verticale et de oG', d'un petit angle, viendra en oG'', et tiendrait à exécuter autour de oG' une série de petites oscillations; mais si le pendule arrivé en oG'', ω reçoit un accroissement un peu supérieur à celui qui en ferait la position d'équilibre correspondante, l'oscillation descendante sera supprimée, et l'écartement augmentera encore et ainsi de suite, jusqu'au moment où ω aura atteint sa valeur normale. Le pendule exécutera alors de part et d'autre de la position d'équilibre correspondante une série de petites oscillations qui seront bientôt anéanties par les frottements et la résistance de l'air. On comprend dès lors comment ω croissant à partir de zéro de quantités très-petites, les oscillations sont anéanties successivement à l'exception des petites oscillations de part et d'autre de la position d'équilibre qui convient à la vitesse normale. Il est clair que si ω dépasse la valeur pour laquelle α'' est maximum, le pendule se rapprochera de la verticale.

Il est, du reste, facile de voir la modification que l'on devrait faire subir à la formule (1), dans le cas où l'on voudrait tenir compte de la variation du mouvement de rotation d'entraînement, puisqu'il suffit d'introduire

On tire de là, en appelant δ l'écart maximum, pour lequel la vitesse est nulle, et en comptant le temps à partir de l'instant correspondant,

$$\delta_0 \cos t \sqrt{\frac{(A\omega n - \omega^2 M\rho l \cos\varphi)\sin\alpha'' + Mgl\cos\alpha'' - \omega^2\cos 2\alpha''(Ml^2 - B)}{\frac{1}{2}(B + Ml^2)}},$$

d'où l'on déduit sans peine la durée d'une oscillation.

Si, en nous plaçant dans la même hypothèse sur le sens relatif de ω et de n, nous supposons que

$$A\omega n - \omega^2 M\rho l\cos\varphi < 0,$$

le pendule s'éloignera de l'axe de rotation, et l'on reconnaîtra sans peine que la formule (1) sera remplacée par la suivante

$$(B + Ml^2)\frac{d^2\alpha}{dt^2} = (\omega^2 M\rho l\cos\varphi - An\omega)\cos\alpha - Mgl\sin\alpha + \frac{1}{2}\omega^2\sin 2\alpha(Ml^2 - B),$$

qui donnera lieu à une discussion analogue.

Si l'on change le sens de la vitesse angulaire ω, le pendule s'éloignera de l'axe de (S), suivant une loi exprimée par la formule précédente dans laquelle on changera n en $-n$.

MACHINE A VAPEUR HORIZONTALE

A DEUX CYLINDRES POUR L'EXTRACTION DE LA HOUILLE.

Par M. L. A. QUILLACQ,
ingénieur-constructeur à Anzin (Nord).

Cette machine (Pl. XII et XIII) est horizontale et directe, c'est-à-dire que l'arbre des bobines sur lesquelles les cordes s'enroulent est le même sur lequel sont calées les manivelles. Bâtis.

Les bâtis sont creux, en fonte, en forme d'U renversé; leur longueur, $9^m,500$, exige qu'ils soient en deux parties solidement assemblées; ils reposent sur des massifs en pierre bleue, auxquels ils sont fixés par de forts boulons de fondation de 4 à 5 mètres de longueur. Ils présentent, quoique légers relativement, une très-grande résistance, et reçoivent, au moyen de pattes venues de fonte, toutes les pièces fixes de la machine. Ils sont rectangulaires et forment palier à l'une des extrémités, pour recevoir l'arbre des bobines.

Les deux cylindres ont chacun $0^m,600$ de diamètre, et les pistons donnent une course de $1^m,800$; ils sont timbrés à 5 atmosphères, et sont recouverts d'une enveloppe en chêne cerclée de cuivre afin d'éviter la condensation de la vapeur. Cylindres.

Les orifices d'admission sur la table des cylindres ont $0^m,320$ sur $0^m,050$, soit un dix-huitième de la section du cylindre.

L'orifice d'échappement porte sur la table $0^m,320$ sur $0^m,100$, soit un neuvième de la section du cylindre.

Les tuyaux d'admission et de sortie de vapeur sont à la section des cylindres à vapeur dans le même rap-

On voit que le bouton de la manivelle a $0^m,12$ de diamètre, c'est-à-dire les 9/5 de la tige du piston.

Les manivelles, construites en fer d'après ces dessins, offrent des pièces résistantes et de forme élégante, elles sont calées sur l'arbre avec une seule cale, et sont emmanchées à chaud. Le bouton est également emmanché à chaud et maintenu par une clavette.

L'arbre moteur a un diamètre de $0^m,290$ dans toute sa longueur. Il a une longueur de $3^m,400$ d'axe en axe des paliers; les manivelles sont calées d'équerre sur cet arbre. Arbre mot

Les deux bobines calées sur l'arbre moteur se composent chacune de deux plateaux en fonte de $1^m,800$ de diamètre. Ces plateaux sont disposés pour recevoir des bras en chêne, et à ces bras sont boulonnées des jantes en fonte qui complètent l'armature de chaque bobine. Bobines.

Ces bobines ont un diamètre de $6^m,500$.

Quatre mouvements distincts composent la conduite de ces machines. Le mécanicien a donc sous la main et facilement à sa portée les quatre leviers suivants : Jeu de la mach

1° De mouvement de mise en train;

2° De changement de marche;

3° De freins à vapeur;

4° Des purgeurs.

L'orifice d'introduction du modérateur est triangulaire; il correspond au tuyau général d'arrivée de vapeur d'un diamètre de $0^m,220$, c'est-à-dire double de section de ceux communiquant du modérateur à chaque cylindre; ces derniers ont donc $0^m,16$ de diamètre. Modérate

Ce mouvement se fait par la coulisse Stephenson; cette coulisse porte deux tourillons; elle se meut par deux coulisseaux en fonte, sur deux guides. La coulisse a sa courbure tournée vers le tiroir. Le changement de Changeme de march

es qui empêche
rés aux molettes
du mécanicien.
que la machine
es dépassent une
ion du mécanicie
ont un diamètre
fer, une jante

de largeur intéri
es de $0^m,10$ de h
re de vingt-deu
e $0^m,35$ de diam
mètre extérieur.
a machine d'extr
ne machine spéc
hevaux. Cette pe
anœuvrer une pom
qui reçoit l'écha
'extraction, et un
de la bâche et l

est à simple effet
ourse de $0^m,300$
ffet, d'un diamèt
o.
ngulaire, d'une
t armée de tira
porte le tuyau d'
intérieur de 0^m,
âche ont $0^m,004$
environ ...e, avec les accessoires
ces- ...iron 42.000 kilog. Elle
v. 1859.

2° Un arrêt de cages qui empêche les cages ou les tonneaux d'être enlevés aux molettes par suite d'erreur ou de négligence du mécanicien. Cet appareil est établi de telle sorte que la machine s'arrête d'elle-même dès que les cages dépassent une hauteur voulue, et cela sans l'intervention du mécanicien. Arrêt de cages.

Les deux molettes ont un diamètre de 3 mètres; elles ont des bras en fer, une jante et un moyeu en fonte. Molettes.

La jante a 0m,300 de largeur intérieure; elle est à gorge et porte des joues de 0m,10 de haut.

Les bras, au nombre de vingt-deux par molettes, sont ou en fer plein de 0m,35 de diamètre, ou en fer creux de 0m,50 de diamètre extérieur.

Les chaudières de la machine d'extraction sont alimentées au moyen d'une machine spéciale d'alimentation de la force de six chevaux. Cette petite machine est horizontale; elle fait manœuvrer une pompe à eau froide alimentant une bâche qui reçoit l'échappement de vapeur de la machine d'extraction, et une pompe à eau chaude aspirant l'eau de la bâche et la refoulant dans les chaudières. Machine d'alimentation.

La pompe de puits est à simple effet, d'un diamètre de 0m,150 et d'une course de 0m,300, et celle à eau chaude est à double effet, d'un diamètre de 0m,090 et d'une course de 0m,350.

La bâche est rectangulaire, d'une contenance de 50 hectolitres; elle est armée de tirants, munie d'un tuyau de trop-plein et porte le tuyau d'échappement de vapeur d'un diamètre intérieur de 0m,300. Bâche.

Les tôles de cette bâche ont 0m,004 d'épaisseur.

Cette machine, avec les accessoires ci-dessus spécifiés, pèse environ 42.000 kilog. Elle coûte moins de 40.000 francs. Prix et poids de la machine.

NOTE

SUR L'EMPLOI DE LA HOUILLE MAIGRE DU PAYS DE GALLES DANS LES MACHINES LOCOMOTIVES.

Par M. COUCHE,
Ingénieur en chef, professeur à l'École des mines.

L'Administration des travaux publics suit avec un vif intérêt l'application des procédés qui tendent à la suppression de la fumée dans les foyers industriels alimentés à la houille. Il n'y a guère d'industries qui ne soient plus ou moins intéressées à la solution du problème, et celle des chemins de fer l'est plus peut-être que toute autre. Les *dépôts* de locomotives sont généralement très-rapprochés des villes, et le stationnement prolongé de nombreuses machines en feu rend parfois leur voisinage fort incommode (1). En marche, la fumée peut être très-gênante pour les voyageurs, surtout en été, parce qu'ils ne peuvent s'y soustraire qu'en fermant les glaces, c'est-à-dire en renonçant à peu près à respirer. Les cahiers des charges des compagnies de chemins de fer stipulent que les locomotives brûleront leur fumée; on part souvent de là pour taxer de faiblesse l'Administration chargée de la surveillance des chemins de fer, et pour mettre sur le compte de la prétendue omnipotence des compagnies l'inexécution partielle de la disposition dont il s'agit.

(1) Il est facile d'atténuer cet inconvénient au moyen du *souffleur*, petit jet de vapeur lancé directement de la chaudière dans la cheminée, quand le régulateur est fermé, et qui entretient un tirage assez actif. Mais les mécaniciens sont peu disposés à en faire usage, même après avoir chargé la grille, parce qu'il augmente la consommation. Leur résistance serait bientôt vaincue par une surveillance facile à exercer et par quelques amendes.

plus ou moins actionnaire dans cette portion du public qui se plaint de la fumée des locomotives? Ne seraitelle pas plus indulgente, si elle songeait que si les locomotives fument, le dividende doit s'en ressentir?

D'ailleurs, qui veut la fin veut les moyens; brûler la houille, certaines houilles du moins, et rendre la fumée nulle ou supportable, tel est le but. Le problème est possible, sans aucun doute, mais ce n'est pas du jour au lendemain qu'il peut être résolu; il faut pour cela une longue période d'essais et de tâtonnements. C'est cette période d'expériences que l'administration admet et encourage en vue d'un intérêt général, d'un avantage prochain, et sans sacrifier d'ailleurs les intérêts actuels qu'elle doit sauvegarder aussi. Elle tolère quand le mal est nul ou léger, ou quand les tiers lésés sont convenablement dédommagés; elle interdit quand le dommage est réel, et sans compensation.

C'est surtout en Angleterre que la substitution de la houille au coke dans les machines locomotives a été l'objet de recherches suivies et variées (1). Parmi les documents relatifs à cette question, un des plus récents est le rapport fait par M. Tomlinson à la Société des ingénieurs mécaniciens de Birmingham, et dans lequel l'auteur rend compte de l'emploi des charbons du pays de Galles sur le Taff Vale Railway (2). L'Administration supérieure, qui a reçu communication de ce travail, a jugé qu'il était utile de porter ses résultats à la connaissance des ingénieurs, quoiqu'il soit étranger à la question dont on se préoccupe spécialement en France, la

(1) Voir, page 411 de ce volume, la description donnée par M. Noblemaire des appareils essayés sur les chemins de fer anglais.

(2) *On the burning of Welsh steam coal in locomotive engines*, by J. Tomlinson. — Birmingham.

et Glamorgan. Il renferme de nombreuses variétés de charbons, depuis l'anthracite, jusqu'aux houilles bitumineuses exploitées près de Pontypool, de Clydach, etc. Le *Taff Vale Railway* (de Merthyr Tydwill à Cardiff), forme un des principaux débouchés du bassin, et est parfaitement placé pour choisir entre les diverses variétés de charbons la mieux appropriée à son propre usage. Mais on fut, dès le début, arrêté par la difficulté indiquée plus haut. Les barreaux se ramollissaient et se déformaient au point de rendre le service impossible. Rarement pouvaient-ils faire un service de deux jours sans être repassés à la forge, et il n'y avait même pas une machine qui n'eût, chaque jour, plusieurs barreaux complétement hors de service. Cette action n'était pas également prononcée avec tous les charbons. Le charbon maigre (*Steam Coal*), provenant de la couche supérieure dite *de quatre pieds*, d'Aberdare, qui appartient au terrain houiller, était un peu moins destructeur que les autres; comme il a d'ailleurs l'avantage d'être très-pur et de ne pas produire de fumée, c'est sur lui que se fixa le choix des ingénieurs. Mais bien qu'un peu atténuée par quelques précautions, et surtout par la marche à feu très-bas, ($0^m,22$ à $0^m,23$ pour les trains ordinaires, $0^m,38$ au plus pour les trains les plus lourds), la détérioration des grilles conservait une gravité telle qu'on ne pouvait songer à marcher dans de semblables conditions.

M. Tomlinson imagina alors de protéger la grille en la recouvrant de fragments de briques réfractaires de 40 à 45 centimètres cubes, de manière à former (Pl. VI, *fig.* 5 et 6), une aire bien perméable, sur laquelle on charge le combustible. On a réussi ainsi à préserver complétement les barreaux, qui durent en moyenne quatre mois, avec un parcours journalier de 164 kil.

diffère peu, sauf la très-faible proportion de cendres, de celle du coke, qui renferme quelquefois autant et même plus de matières volatiles (1). On comprend donc que la fumée soit presque nulle et qu'il ait été inutile d'appliquer le *souffleur*, indispensable, mais très-insuffisant avec la plupart des houilles employées en France.

L'action destructive exercée sur les grilles nues par ce charbon si pur tient uniquement à la très-haute température à laquelle celles-ci sont alors soumises, et qui est beaucoup moins élevée avec le coke, moins dense, moins facilement combustible, et dont l'incandescence est moins vive au contact des barreaux. Avant l'emploi de la brique concassée, les barreaux étaient, non pas scorifiés par du mâchefer, mais ramollis et littéralement brûlés.

L'auteur insiste beaucoup sur la nécessité de marcher avec le feu très-bas; il recommande d'ailleurs de ne pas donner au combustible une épaisseur uniforme; elle doit être notablement moindre au milieu que vers les parois de la boîte à feu. Dans une bonne marche avec charge modérée, la grille doit rester visible vers le centre; on se met ainsi plus sûrement en garde contre la flexion des barreaux. On a reconnu d'ailleurs qu'il convenait de pratiquer de petites ouvertures dans la porte du foyer afin de ménager une légère admission d'air au-dessus du combustible (2).

(1) Berthier. *Traité des essais*, t. II, p. 349. Peut-être la dessiccation des échantillons n'était-elle pas complète.

(2) Cette admission d'air, plus ou moins abondante d'ailleurs, est, comme on sait, une des conditions essentielles de l'emploi des houilles fumeuses. Elle se retrouve dans toutes les dispositions essayées avec succès pour l'emploi de ces houilles. Je l'ai vue récemment appliquée en Hollande sous une forme très-simple (chemin de fer d'Amsterdam à Arnheim et Emmerich). La porte est enlevée; dans l'ouverture est insérée une feuille de tôle cintrée plongeant dans le foyer vers les tubes

BULLETIN.

PREMIER SEMESTRE 1859.

Le commerce de la houille en 1858.

Les difficultés que présente la réunion de documents statistiques sur la *production*, l'*importation* et l'*exportation* des combustibles minéraux, chez les principales nations industrielles, sont accusées par les divergences excessives dans les opinions des écrivains qui s'occupent de la matière, aussi bien que par l'ancienneté des chiffres dont l'exactitude est tout à fait incontestable. Des publications récentes, de complaisantes communications nous permettent de pouvoir placer sous les yeux du lecteur une série de chiffres à la fois authentiques et très-récents, relatifs au commerce de la houille en Europe et en Amérique; nous avons pensé que cette collection de renseignements utiles avait sa place naturelle dans ce Bulletin.

GRANDE-BRETAGNE.

Une excellente publication, à laquelle les *Annales des Mines* ont fait et continueront à faire de larges emprunts, rend la tâche fort simple pour le plus important des pays producteurs de charbon de terre. En effet, à partir de l'année 1854, l'industrie minérale du Royaume-Uni possède une statistique aussi détaillée qu'il est permis de le désirer, grâce aux *Mineral statistics of the United Kingdom*, etc. Annuellement publiée, depuis 1855, sous la direction de M. Murchison, par M. Robert Hunt; incessamment améliorée et développée chaque année, cette statistique, qui n'avait jusqu'à présent trait qu'aux métaux et aux combustibles minéraux de la Grande-Bretagne, comprendra maintenant l'extraction des matériaux de construction et s'étendra aussi aux contrées étrangères. En ce qui concerne la houille, la tentative a déjà eu lieu dans la première partie (parue en septembre 1859) du volume relatif à l'année 1858; nous y trouvons notamment, au sujet de la France, des renseignements qu'on chercherait vainement ailleurs.

M. Murchison, dans sa courte introduction du volume de 1857 (année 1856), constatait avec orgueil que, bien que l'extraction

M. Hunt donne les détails les plus circonstanciés sur la répartition des produits de cette gigantesque extraction pour les divers bassins, entre la grande navigation, le cabotage et les chemins de fer au point de vue des transports, entre l'industrie même des combustibles minéraux, l'industrie du fer, les chemins de fer, la navigation à vapeur, etc., au point de vue de la consommation (houille ou coke). Malheureusement l'hétérogénéité, en quelque sorte inévitable, de ces détails ne permet pas toujours de les grouper au point de vue général qui seul doit être considéré ici. Nous pouvons seulement extraire de la série des tableaux de M. Hunt les résultats suivants :

Combustibles minéraux embarqués aux divers ports de la Grande-Bretagne en 1858.

	CABOTAGE.	EXPORTATION.	
		Quantités.	Valeurs.
	q. m.	q. m.	fr.
Houille	94.625.597	63.928.650	71.801.275
Coke	354.909	2.311.928	4.283.375
Anthracite	1.801.734	98.969	51.200
Total	96.782.240	66.339.547	76.135.850
Total de 1857	98.894.148	68.455.215	80.266.750
Différence	—2.111.908	—2.115.668	—4.130.900

Exportation houillère de la Grande-Bretagne en 1858.

PORTS.	France.	Contrées diverses (y compris la France).
	q. m.	q. m.
Nord (Newcastle, Shields, Blythe, Amble, Sunderland, Seaham, Hartlepool, Stockton, Middlesbro')	8.746.124	36.496.661
Yorkshire (Hull, Grimsby, Goole)	859.079	2.571.120
Liverpool	247.965	4.752.858
Severn (Bristol, Cardiff, Swansea, Newport, Llanelly, Port-Talbot, Neath, Saint-David's)	3.600.338	14.040.642
Écosse (Glascow, Port-Glascow, Greenock, Grangemouth, Alloa, Borrowstoness, Troon, Ardrossan, Inverkeiting)	205.008	3.883.782
Totaux	13.658.515	61.745.073
Ports et contrées non spécifiés	....	4.594.474
Total général	....	66.339.547

[redacted]

La France ne figure dans cette liste que pour 50.515 q. m.

Il n'a été exporté d'anthracite qu'en France (96.794 q. m.), en Portugal (1.524 q. m.) et dans les îles de la Manche (650 q. m).

On a pu remarquer que les nombres relatifs à la France, dans les deux tableaux précédents (dont le second est emprunté aux comptes parlementaires), n'étaient point identiques ; cela provient évidemment des sources différentes auxquelles M. Hunt a puisé ses renseignements. Ils sont tous deux supérieurs à celui que fournit notre administration des douanes, lequel est de 13.135.791 q. m. ainsi répartis :

Importation manufacturière.	11.485.900 q. m.
Marine à vapeur (1)	1.649.891

Quantités de houille transportées par les chemins de fer anglais.

NOMS DES RAILWAYS.	Pour le district de Londres (2).	En totalité.
	q. m.	q. m.
North-Eastern.	»	34.432.179
Middland.	58.654	27.445.188
Manchester, Sheffields and Lincolnshire	»	8.481.954
Great-Northern.	5.327.620	5.327.620
London and North-Western.	4.609.122	4.609.122
Great-Western	635.925	4.510.319
Newcastle and Carlisle.	»	1.659.006
Eastern Counties	941.192	941.192
North-Western	»	187.188
Ulverstone and Lancaster	»	143.906
South-Eastern	117.318	117.318
South-Western	95.057	95.057
Totaux.	11.784.288	87.950.049

ÉTATS-UNIS DE L'AMÉRIQUE DU NORD.

Suivant les *Annales du commerce extérieur*, la *production* houillère de cette nation, qui vient maintenant immédiatement

(1) On connaît le motif de cette distinction essentielle : aux termes de deux ordonnances royales des 8 juillet 1834 et 10 octobre 1835, homologuées par la loi du 2 juillet 1836, les bâtiments à vapeur de la marine française, militaire ou marchande, qui ne remontent par dans l'intérieur des fleuves au delà du dernier bureau de douane, peuvent se servir de houille étrangère en payant le simple droit de balance de 0f.05 par 100 francs de valeur. En conséquence, l'administration des douanes, qui donne chaque année dans une note le chiffre de l'importation anglaise spécialement relative à la navigation à vapeur, ne le fait pas figurer dans ses tableaux décennaux.

(2) Le quart seulement de la consommation du district de Londres est desservi par les chemins de fer. Les trois autres quarts peuvent être regardés comme alimentant le cabotage, car les canaux n'apportent guère annuellement que 250.000 q. m.

bles minéraux pour l'année 1858 est ainsi détaillée, dans l'ouvrage officiel intitulé *Zeitschrift für das Berg-Hutten und Salinenwesen in dem preussischen Staate* et publié par M. de Carnall. (VII *Band*, 2 *Lieferung*).

PROVINCES.	DISTRICTS.	Nombre de mines.	EXTRACTION	VALEUR.	Ouvriers.
Houille.			q. m.	fr.	
Silésie	Waldenbourg . .	47	8.184.772	6.183.926	5.168
	Tarnowitz	101	28.156.568	14.615.981	14.005
Saxe-Thuringe. .	Eisleben	5	456.112	616.009	457
Westphalie. . . .	Bochum	194	20.354.818	22.272.878	18.952
	Essen.	98	19.707.886	21.998.224	13.704
Prusse Rhénane.	Duren.	22	7.066.398	8.140.133	5.412
	Sarrebruck. . . .	28	20.246.404	21.983.711	11.654
Totaux		495	104.172.958	95.810.862	69.352
Lignite.					
Brandenbourg. .	Rudersdorf . . .	95	3.104.571	1.238.595	1.764
Silésie	Waldenbourg. .	41	960.147	381.191	920
	Tarnowitz	2	2.633	1.316	»
Saxe-Thuringe. .	Halberstadt. . . .	39	7.070.866	4.251.334	2.416
	Eisleben	187	10.963.994	4.391.025	4.764
Westphalie. . . .	Bochum	1	2.175	1.290	4
Prusse Rhénane.	Siegen.	20	604.192	140.786	436
	Duren	52	1.527.689	552.390	725
Totaux.		437	24.236.267	10.957.927	11.029
Totaux généraux		932	128.409.225	106.768.789	80.381

Il peut être intéressant de connaître l'importance des houillères du gouvernement prussien; elle se déduit du tableau suivant :

DISTRICTS,	NOMBRE de mines.	EXTRACTION.	OUVRIERS.
		q. m.	
Tarnowitz	3	5.894.696	2.540
Eisleben.	2	270.740	311
Bochum.	2	331 980	709
Sarrebruck.	15	19.479.984	11.022
Totaux. . . .	22	25.977.400	14.582

La Prusse n'*exporte* de houille qu'en France, du bassin de Sarrebruck, et en Hollande, du bassin de la Ruhr. Il nous est

Qualités.	Prix du q. m.	VALEUR.	PROVINCES.	Nombre de mines.	EXTRACTION.	VALEUR.
	fr.	fr.			q. m.	fr.
I	0,876	5.915.555	Hainaut. . . .	53.358	64.411.820	80.019.228
II	1,147	7.531.808	Namur	1.610	2.010.840	1.497.585
III	1,381	24.296.116	Luxembourg.	»	»	»
IV	1,151	38.912.515				
V	1,243	23.814.589	Liége	17.609	17.409.160	18.953.770
	1,198	100.470.583	Totaux. . .	62.577	83.839.020	100.470.583

Comme la production, l'*exportation* a atteint son maximum à la fin de l'année dernière : elle a été de 30.896.540 q. m., ainsi répartis quant aux pays destinataires :

France.	28.928.360 q. m.
Pays-Bas.	1.806.540
Prusse	147.650
Autres contrées.	15.950

Le chiffre de l'importation de houille belge en France, donné par la publication officielle de notre administration des douanes, est notablement supérieur, car il s'élève à 32.257.800.

L'exportation de la houille belge en Prusse n'a été aussi forte en 1858 (et en 1857, où elle était de 65.240 q. m.), que par suite d'un grave accident arrivé à la plus importante des mines du bassin d'Eschweiler; il est vraisemblable que cette augmentation subite ne sera que momentanée et que l'exportation rentrera dans les proportions de la période quinquennale précédente, dont les chiffres étaient :

1852	6.280 q. m.
1853	12.310
1854	13.090
1855	23.670
1856	15.700

Au contraire, l'exportation relative aux Pays-Bas était supérieure; ainsi elle était précédemment représentée par les chiffres suivants :

1852	2.257.520 q. m.
1853	2.051.850
1854	2.103.430

Droits perçus par le trésor en 1858.

	HOUILLE.	COKE.	TOTAUX.
	fr.	fr.	fr.
Importation	9.374.776	1.121.424	10.496.200
Exportation......	12.386	1.140	13.526
Totaux......	9.387.162	1.122.564	10.509.726

Nous trouvons enfin, dans l'ouvrage de M. Hunt (où la production houillère de la France, calculée au moyen d'une période quinquennale, n'est évaluée qu'à 58.933.533 q. m.), un document fort curieux, qu'il serait peut-être trop long de transcrire ici en entier, mais qu'il importe de résumer : nous voulons parler de la liste par ordre alphabétique des ports français qui ont reçu, en 1858, de la houille anglaise, avec indication des quantités de cette houille importée en France par ces différents points.

On connait les variations successives du droit mis à l'importation maritime des houilles étrangères par navires français depuis 1816 jusqu'à ce jour. Si on les résume, on trouve à ce droit, relatif au quintal métrique, les valeurs suivantes :

1 franc sur tout le littoral (loi du 28 avril 1816).

0f,30 des Sables d'Olonne jusqu'à Bayonne inclusivement et par les ports de la Méditerranée (ordonnance du 10 octobre 1835).

0f,60 des Sables d'Olonne exclusivement jusqu'à Saint-Malo inclusivement (ordonnance du 28 décembre 1835, loi du 2 juillet 1836).

0f,50 des Sables d'Olonne exclusivement jusqu'à Dunkerque inclusivement (ordonnances des 25 novembre 1837 et 6 mai 1841).

0f,30 des Sables d'Olonne inclusivement à Dunkerque inclusivement ;

0f,15 par tous autres points (décret du 25 novembre 1853 et loi du 26 juillet 1856).

On voit alors que si, mettant à part le littoral de la Méditerranée, on suppose le littoral de la Manche et de l'Océan partagé en zones s'étendant, la première de Dunkerque à Saint-Malo, la deuxième de Saint-Malo aux Sables d'Olonne et la troisième des Sables d'Olonne à Bayonne, on pourra, par de simples additions, révivifier les zones totales qui ont successivement

Quantités de houille transportées par les chemins de fer français en 1858.

NOMS DES CHEMINS DE FER.	QUANTITÉS transportées.
	q. m.
Nord	14.000.000
Bourbonnais	11.500.000
Paris à Lyon et à la Méditerranée	7.250 000
Est	6.000.000
Anzin à Somain	2.300.000
Ceinture de Paris	2.300.000
Ouest	2.300 000
Bességes à Alais	1.800.000
Orléans	1.400.000
Ardennes	1.000.000
Lyon à Genève	450.000
Carmeaux à Alby	430 000
Dauphiné	350.000
Midi	85.000
Graissessac à Béziers	18.000
Total	51.183.000

Il n'y a aucun rapprochement à établir entre ce tableau et le tableau analogue de la Grande-Bretagne. D'abord, les chemins de fer anglais ne transportent que de la houille anglaise, tandis que les chemins de fer français transportent des houilles de toute provenance. On sait notamment que les lignes du Nord, de l'Est et de l'Ouest transportent respectivement beaucoup de houille belge, prussienne et anglaise. Ensuite une comparaison utile ne pourrait être faite, entre les chemins anglais et les chemins français, que si, au lieu d'avoir les chiffres du transport à toute distance, on avait les nombres de *tonnes-kilomètres* de houille transportée, que l'on pourrait alors combiner avec les longueurs des réseaux et les quantités de houille indigène ou exotique.

Renseignements divers.

Les documents authentiques et récents nous manquent pour les pays autres que la Grande-Bretagne, les États-Unis, la Prusse, la Belgique et la France; mais ces cinq pays produisent certainement ensemble la très-majeure partie des combustibles minéraux extraits dans le monde entier. M. de Carnall estimait, en 1857, que ces combustibles pouvaient former un total de 1.250.000.000 q. m.; si l'on en retranche le nombre afférent aux

La *consommation* se déduit approximativement des indications qui précèdent.

— Suivant M. Hunt, l'Espagne aurait *produit* en 1858 :

Houille	1.150.356
Lignite	2.296
Coke	598.180
Anthracite	1.839
Total des combustibles minéraux	1.752.671

L'*exportation* est certainement nulle. L'*importation*, exclusivement anglaise, a été indiquée plus haut. La *consommation* se calcule aisément.

— Les *Annales des mines* ont déjà donné des renseignements partiels sur l'extraction des combustibles minéraux en Russie : nous ne pourrons pas faire autre chose. L'ouvrage si intéressant et si complet à d'autres égards de M. Tegoborski (1) ne fournit sur ce point que des renseignements absolument contradictoires. En effet, cet auteur dit : « L'exploitation totale n'est évaluée qu'à 2 ou 3.000.000 de *pouds*, ce qui ne fait pas encore la moitié de la quantité de houille que nous importons de l'Angleterre. » Or ces nombres de pouds correspondent à 327.600 ou 491.400 q. m., tandis que l'importation anglaise s'élevait déjà, au moment où M. Tegoborski écrivait, à 2.500.000 q. m. D'autre part, dans une récente publication (2), M. Jules Guillemin, ingénieur civil des mines, attaché à la grande société des chemins de fer russes, estime à 1.100.193 q. m. l'extraction des seules houillères du Donets, telle qu'il l'a constatée sur les lieux en 1858 ; cette extraction n'était, en 1839, suivant M. Le Play, que de 143.696 q. m. M. Jules Guillemin suppose qu'avant dix ans, elle atteindra le chiffre de 5.000.000 q. m.

« La découverte de la houille dans les environs de Moscou, dit encore ce dernier auteur, serait de la plus haute importance. Moscou est située au centre de la zone des manufactures dans la partie la plus peuplée de l'empire, et vers cette ville vont converger des chemins de fer venant de quatre ou cinq directions différentes. Le combustible végétal devient chaque jour plus rare..... Le gouvernement russe a fait exploiter des masses considérables du combustible de la grande formation

(1) *Études sur les forces productives de la Russie.* — Paris, 1855.

(2) *Explorations minéralogiques dans la Russie d'Europe. Résumé d'observations recueillies en 1857 et 1858.* — Paris, 1859.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME QUINZIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

CONSTRUCTION. — CHEMINS DE FER.

BULLETIN.

(1er semestre 1859.)

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME QUINZIÈME.

Fig. 1. Description du puits des United mines.

Fig. 2 à 10. Détails des tiges, paliers, glissières et pièces de retenue.

Fig. 11. Dispositions permettant de donner huit tours par minute (échelle de $0^m.01$ pour 1 pied anglais = 1/30,5).

bbb. Cercle décrit par le bouton B de la roue d'engrenage.
bcd. Trajectoire de la tête de bielle T des longrines reliant au man engine.
M. Fausse bielle entre le bouton B et la tête T.
G. Galet conduit par les guides *b'c'd'*, *b''c''d''* parallèles à la trajectoire *bcd*.

Rayon. . . . . OT = 6'
Rayon. . . . . *ob* = 7' 10''
Fausse bielle. . . . . BT = 4'
Angle . . . . αOT = 30°
Angle . . . . βOT = 40°

8 tours par minute correspondant à $\frac{60}{8} = 7,5$ secondes pour 1 tour;
la corde de l'angle de 60° α'Oα est décrite par T, tandis que B parcourt environ 58°, c'est-à-dire en supposant un mouvement circulaire uniforme, à peu près 1/6 de circonférence. Ce qui exige $1/6 \times 7^s,5 = 1^{s cc},25$.

Fig. 12. *Ensemble du mécanisme de surface à Dolcoath.*

Coupe longitudinale verticale et coupe horizontale du four.

Fig. 7 à 9. Disposition proposée par M. Labeyrie.

p. Piston sur lequel agit la vapeur.
o, *o*. Orifices d'évacuation démasqués par la vanne cylindrique *t*.

Pl. VII. ***Fabrication du coke*** **(suite).**

Fig. **1 à 10. Broyage et lavage de la houille.**

C. Cône fixe.
D. *Noix*. La houille, versée entre le cône fixe et la noix, est broyée entre leurs dents.
E. Couronne reliée à la noix par les boulons *i*.
e. Système de vis qui règlent, relativement à l'arbre, la position de la noix et de la couronne.
l. Boulons fixant à la charpente la plateau en fonte de la partie fixe.
p. Vis réglant la position de l'arbre dans le sens horizontal.
q. Vis réglant la position de l'arbre dans le sens vertical. Cette vis a un jeu dans la boîte qu'elle traverse, afin que le déplacement latéral de l'arbre puisse avoir lieu sans l'entraîner.

Fig. **11 à 14.**

M. *Caisse de lavage*. La houille broyée est versée à la partie supérieure.
P. Guide du piston, dont le mouvement produit le courant d'eau.
ef. Tamis supportant la houille à laver; le courant d'eau passe à travers.
cd. Grille au-dessus de laquelle est réunie la houille pure. Les schistes descendent entre *cd* et *ef*. Les schlams passent à travers *ef* et tombent dans la caisse.
p. Porte de vidange ouverte à la fin de la journée pour vider la caisse.
o. Bouchon qu'on retire de temps en temps pour déverser le trop-plein; le but de cette disposition est de pouvoir marcher sans ouvrir souvent la porte *p*.

Pl. VIII. ***Fabrication du coke*** **(suite).** — ***Fours de Forbach et de Hirschbach.***

Fig. **1 à 4.** Fours à sole chauffée de Forbach.

a. Emplacement de la charge.
b. Descente de flamme; il y en a neuf par four.
c. Carneau.
d. Grande descente.
e. Grand carneau, qui mène les gaz à la cheminée.
i. Registre qui règle le tirage et sert à fermer le four.
h. Trous de chargement; il y en a deux par four.
l. Regards pour observer la marche du four, et prises d'air pour opérer la combustion des gaz aux points convenables.
m. Regards des descentes de flamme permettant de les dégorger facilement en cas de besoin.
n. Portes par où l'on sort la charge. Les portes et les gonds sont en fonte.
p. Petit chemin de fer sur lequel on amène les wagonnets tout près des trous de chargement.

Fig. **6 à 9.** Nouveaux fours à sole chauffée de Hirschbach. — Fours Dubochet.

AB. Niveau de la sole du four.
a. Descente de flamme; il y en a deux par four, placées en diagonale.
c. Ouvertures par lesquelles remontent les gaz.
dd. Murette en diagonale, servant à partager les deux courants contraires.
bb. Second parcours des gaz sous la sole.
o. Grande descente où se réunissent les deux courants de gaz.
i. Grand carneau qui mène les gaz à la cheminée.
l. Regards et prises d'air.
m. Grille où l'on peut allumer un feu auxiliaire.
n. Galerie régnant le long des fours.

Fig. 5. Fours de Hirschbach.

- *p*. Plancher où sont amenés les wagons arrivant de la mine.
- *t*. Traverses de support pour les rouleaux du plancher mobile.
- *B*. Magasin à houille.
- *c*. Moulins; la houille y est versée directement.
- *aa*. Voies pour les wagonnets recevant la houille broyée.
- I. Voie parallèle à la ligne des lavoirs; on y amène les wagonnets qui sont vidés à droite et à gauche.
- D. Lavoirs.
- E. Monte-charge automoteur.
- F. Passerelle communiquant des lavoirs au sommet des fours.
- G. Emplacement des repoussoirs.

Pl. XI. *Fabrication du coke* (suite). *Plans des établissements.*

Fig. 1. Plan de l'usine de Hirschbach.

- *aa*. Chemin de fer qui amène la houille de l'usine; cette portion est en plan incliné.
- B. Bâtiment de la machine du plan incliné.
- N. Cuve d'alimentation pour cette machine.
- A. Magasin à houille.
- C. Moulins ou broyeurs.
- L. Bâtiment de la grande machine.
- M. Chaudières.
- E. Monte-charge.
- D Lavoirs.
- 11. Fours de M Dubochet.
- 22. Fours ronds.
- 3. Fours ordinaires à sole chauffée.
- G. Bassins d'épuration.
- F. Etang artificiel.
- H. Puits d'alimentation.
- I. Première machine élévatoire.
- K. Deuxième machine élévatoire.
- P. Logements, bureaux et atelier.
- R. Ecurie et magasins.
- S. Casernes d'ouvriers.
- T. Boulangerie.
- 4. Petite pièce d'eau servant à alimenter les citernes 5 et 6.
- *bb*. Conduite qui amène aux bassins d'épuration l'eau provenant des lavoirs.
- *cc*. Canal ramenant l'eau filtrée des bassins dans l'étang.

Fig. 2. Plan de Forbach.

- E. Estacades pour le déchargement de la houille.
- A. Monte-charge et bâtiment des moulins.
- B. Bâtiment des machines.
- C. Chaudière.
- D. Monte-charges et lavoirs.
- F. Voie pour enlever le coke.
- G. Lieu de dépôt pour emmaganiser le coke.
- H. Ruisseau servant à l'alimentation.
- I. Ponceau d'écoulement.
- J. Prise d'eau.
- K. Réservoir.

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER SEMESTRE DE 1859.

FRANCE.

ARAGO. Œuvres complètes, publiées sous la direction de M. J. A. Barral. Tome 8. Notices scientifiques. Tome 5 et dernier. In-8, VIII-658 p. — Paris, imp. Claye; lib. Gide; Leipzig, lib. Weigel.

BABINET. Études et lectures sur les sciences d'observation et leurs applications pratiques. 5e volume. Petit in-12, XXIV-284 p. — Paris, imp. et lib. Mallet-Bachelier.

BRIOT. Leçons d'algèbre, conformes aux programmes officiels de l'enseignement des lycées. 2e partie, à l'usage des élèves de la classe de mathématiques spéciales et des candidats à l'École polytechnique et à l'École normale supérieure. 3e édition. In-8, XII-352 p. — Paris, imp. Thunot et Ce; lib. Dalmont et Dunod.

Chemin de fer du nord de l'Espagne. Notice et carte. In-4, 27 p. — Paris, imp. Paul Dupont.

IMHAUS. Ile de la Réunion. Notice sur les principales production naturelles et fabriquées de cette île. In-8, 82 p. — Paris, imp. Paul Dupont.

BOUCHER de PERTHES. Voyage en Espagne et en Algérie, en 1855. In-12, 616 p. — Abbeville, imp. et lib. Briez; Paris, lib. Treuttel et Wurtz; Derache; Dumoulin; V. Didron.

Génie (le) industriel. Revue des inventions françaises et étrangères, annales des progrès de l'industrie agricole et manufacturière, etc. Biographie des inventeurs, nomenclature des brevets délivrés en France et à l'étranger; par Armengaud frères. Tome 16, 1858. In-8, 364 p. et planches. — Paris, imp. Claye; les auteurs, 45, rue Saint-Sébastien; 23, boulevard de Strasbourg; lib. Dalmont et Dunod.

des conducteurs des ponts et chaussées. 1re partie : Travaux d'art, mémoires et documents. Tome 2. Année 1858. In-8, 363 p. et 15 pl. 2e partie : Lois, décrets, règlements, arrêtés. In-8, 224 p. — Paris, imp. et lib. Paul Dupont.

BELLY. Percement de l'isthme américain. Canal de Nicaragua. Exposé de la question. 2e édition. In-8, 114 p. et 3 cartes. — Paris, imp. Paul Dupont; lib. Dalmont et Dunod.

CHENU. Manuel de conchyliologie et de paléontologie conchyliologique. Tome 1. 1re partie. Grand in-8, XI-248 p. et fig. — Paris. imp. Plon ; lib. V. Masson.

FLACHAT. De la situation des chemins de fer. In-8, 21 p. — Neuilly, imp. Guiraudet.

THENARD (P.). Mémoires, discours, articles de journaux, publiés dans le Moniteur de la Côte-d'Or en 1855, 56, 57 et 58. In-8, 86 p. — Dijon, imp. Jobard.

MARMORA (le comte Albert de la). Voyage en Sardaigne, ou Description statistique, physique et politique de cette île, avec des recherches sur ses productions naturelles et ses antiquités. 3e partie: Description géologique et paléontologique. 2 vol. in-8 avec un atlas de 19 planches in-fol. oblong, en grande partie coloriées. — Turin.

LA GOURNERIE (de). Traité de perspective linéaire, contenant les tracés pour les tableaux, plans et courbes, les bas-reliefs et les décorations théâtrales, avec une théories des effets de perspective. In-4, XXVIII-280 p., et atlas in-fol. de 45 pl. dont 8 doubles.—Batignolles, imp. Hennuyer ; Paris, lib. Dalmont et Dunod.

LEROY. Traité de géométrie descriptive, suivi de la méthode des plans cotés et de la théorie des engrenages cylindriques et coniques, avec une collection d'épures, composée de 71 planches. 5e édition, revue et annotée par M. E. Martelet, ancien élève de l'École polytechnique, ex-officier d'artillerie. Tome 1. Texte. In-4, XX-391 p. Tome 2. Atlas. In-4, 4 p. et 71 pl. — Paris, imp. et lib. Mallet-Bachelier.

GIRARD. Étude sur Tourane et la Cochinchine. In-8, 38 p. et deux cartes. — Argenteuil, imp. Worms et Ce ; Paris, lib. J. Corréard.

LANDRIN. Traité de l'acier. Théorie, métallurgie, travail pratique, propriétés et usages. In-18 jésus, VIII-312 p. — Paris, imp. Claye ; lib. Lacroix et Baudry.

1854. Tome 4. 1857. In-8, 1100 p. — Paris, imp. Martinet; 24, rue du Vieux-Colombier.

COTELLE. Cours de droit administratif appliqué aux travaux publics, contenant l'organisation administrative de la France, l'organisation du service des ponts et chaussées, les règles de la comptabilité, etc. 3e édition, présentant dans leur dernier état la législation et les règlements, la jurisprudence du conseil d'État et des cours, et la doctrine des auteurs. Tome 2. In-8, 555 p. — Batignolles, imp. Hennuyer; lib. Dalmont et Dunod.

DESCARTES. Supplément aux œuvres de Descartes. Manuscrits inédits de Descartes, précédés d'une introduction sur la Méthode. 1re partie. In-8, préface, XX p., introduction, CXXVII p. — Batignolles, imp. Hennuyer; Paris, lib. Ladrange; A. Durand.

MATIGNY (de). De la disparition de la monnaie d'argent et de son remplacement par la monnaie d'or, ou situation monétaire de la France en 1859. In-8, 168 p. — Paris, imp. Martinet; l'auteur, 21, rue Boutarel; les princ. lib.

DEFRANOUX. Découvertes et observations faites de 1855 à 1858 inclus, dans l'arrondissement géologique de Lons-le-Saulnier (Jura), par plusieurs géologues. In-8, 29 p. — Colmar, imp. Decker.

LEFORT. Traité de chimie hydrologique, comprenant des notions générales d'hydrologie, l'analyse chimique, qualitative et quantitative des eaux douces et des eaux minérales, un appendice concernant la préparation, la purification et l'essai des réactifs, et précédé d'un essai historique et de considérations sur l'analyse des eaux. In-8, XL-622 p. et figures intercalées dans le texte. — Paris, imp. Pillet fils aîné; lib. V. Masson.

Notes adressées à M. le préfet de la Seine sur les vidanges, la force motrice courante, l'alimentation hydraulique de Paris. Mars 1859. In-4. 24 pages et 2 planches.— Paris, imprimerie Gaittet.

PARENT. — Chemins de fer portugais. Propositions faites au gouvernement de Sa Majesté Très-Fidèle. In-8, 26 p. — Paris, imp. Appert; 12, place Vendôme.

PIOBERT. Traité d'artillerie théorique et pratique. Partie théo-

SCHUBERT (T. F. de). Exposé des travaux astronomiques et géodésiques exécutés en Russie dans un but géographique jusqu'à l'année 1855, avec un atlas et un supplément. Grand in-4. — Saint-Pétersbourg; Leipzig.

MALAPERT. Mémoire sur la congélation artificielle de l'eau et sur le moyen de transporter la glace pendant les chaleurs. In-8, 19 p. et 2 pl. — Poitiers, imp. Bernard.

MOIGNO. Manuel de la science. Annuaire du Cosmos. 1re année. 1re et 2e partie. 2 vol. in-18, XII-706 p. — Paris, imp. Remquet et Ce; lib. Tramblay; Dalmont et Dunod.

PICTET. Les Origines indo-européennes, ou les Aryas primitifs, essai de paléontologie linguistique. 1re partie. Grand in-8, VIII-547 p. — Saint-Denis, imp. Drouard et Moulin; Paris, lib. Joël Cherbuliez.

RONDOT. Musée d'art et d'industrie. Délibération. (Chambre de commerce de Lyon.) In-4, 46 p. — Lyon, imp. Perrin.

Bulletin de la Société philomatique de Bordeaux. 2e série. 3e année. 1858. In-8, 134 p. — Bordeaux, imp. Gounouilhou; 30, allées de Tourny.

DESCHAMPS. Manuel pratique d'analyse chimique. Tome 1. Analyse qualitative avec 39 figures intercalées dans le texte. — Tome 2. Analyse quantitative avec 41 figures intercalées dans le texte. Deux volumes in-8, XVI-1023 p. — Paris, imp. Martinet; lib. Germer Baillière.

KURR. Album de minéralogie. In-4, 52 p. et 24 pl., dont 22 coloriées. — Paris, imp. et lib. F. Didot frères, fils et Ce.

NICKLÈS. Le Congrès scientifique de Carlsruhe. In-8, 51 p. — Nancy, imp. et lib. Grimblot, Ve Reybois et Ce.

THENARD (P.). Des conditions de fécondité spontanée des terres. — Mémoire présenté à l'Académie des sciences, le 21 février 1859. In-8, 15 p. — Paris, imp. Cosson et Ce.

HEUZÉ. Cours d'agriculture pratique. Tome 7. Les Plantes industrielles. 1re partie. Plantes oléagineuses tinctoriales, salifères, à balais, à cannes, condimentaires, à cardes et d'ornement funéraire. In-8, XII-379 p., avec 21 vign. sur bois et 10 planches gravées en taille-douce et coloriées. — Paris, imp. Lahure et Ce; lib. L. Hachette et Ce.

HUMBOLDT (de). Cosmos. Essai d'une description physique du monde; traduit par Ch. Galusky. Tome 4. In-8, VIII-808 p. — Paris, imp. Claye; lib. Gide.

15 p. — Paris, imp. Moquet ; 28 et 30, rue de Grenelle Saint-Honoré.

ESCAYRAC de LAUTURE (d'). Voyage dans le grand désert et au Soudan. In-16, XXIII-214 p. — Saint-Germain en Laye, imp. Beau ; Paris, lib. Pouget-Coulon ; Maillet-Schmitz ; Douniol ; V. Sarlit ; Philippart.

FAURE. Observations sur le système de dérivation projetée des eaux de la Somme-Soude. In-8, 20 p. — Neuilly, imp. Guiraudet.

HÉRICART de THURY. De la culture de la vigne et de la production du vin en Algérie. Rapport lu à la Société impériale et centrale d'agriculture, dans sa séance du 27 janvier 1859. In-8, 54 p. — Paris, imp. et lib. Ve Bouchard-Huzard.

LA MARMORA (de). Notice biographique sur le général Hyacinthe de Collegno, et liste de ses publications. In-8, 8 p. — Paris, imp. Martinet.

LANGLEBERT et CATALAN. Arithmétique, algèbre, géométrie. In-18, 188 p. — Paris, imp. et lib. J. Delalain.

Mémoires de la Société géologique de France. 2e série. Tome 6, 2e partie. Mémoire n° 2 : Les Corbières ; études géologiques d'une partie des départements de l'Aude et des Pyrénées-Orientales, par M. le vicomte d'Archiac. In-4, IV p. 209-446 et 25 pl. — Paris, imp. Martinet ; lib. Gide.

NODOT. Description d'un nouveau genre d'édenté fossile renfermant plusieurs espèces voisines du gliptodon, suivie d'une nouvelle méthode de classification applicable à toute l'histoire naturelle et spécialement à ces animaux. Ouvrage publié par l'Académie des sciences, arts et belles-lettres de Dijon, avec le concours du conseil municipal de la même ville. In-8, 175 p., un tableau et atlas. In-4, 4 p. et 12 pl. — Dijon, imp. Loireau-Feuchot (1856).

OMALIUS d'HALLOY (d'). Des races humaines, ou éléments d'ethnographie. 4e édition. In-18 jésus, 131 p. et pl. — Paris, imp. Claye ; lib. Lacroix et Baudry.

QUATREFAGES (de). Notice sur l'acclimatation de quelques espèces d'oiseaux. In-8, 16 p. — Paris, imp. Martinet.

ABBADIE (d'). Sur le tonnerre en Éthiopie. In-4, 162 p. — Paris, imp. impériale.

Mémoire (premier) sur les eaux de Paris, présenté par M. le baron HAUSSMANN, sénateur, préfet de la Seine, au Conseil Municipal (4 août 1854). In-4, 71 p. Second mémoire (16 juillet 1858). In-4, 136 pages et 12 pl. et tabl. in-folio. — Paris, imp. de Mourgues frères.

NAVEZ. Instruction sur l'appareil électro-balistique. In-8, 194 p. — Argenteuil, imp. Worms et Ce; Paris, lib. Corréard.

ROUMEGUÈRE. La Botanique, la conchyliologie et la géologie dans le midi de la France, 1835-1858. Session de 1838. Extrait des mémoires. In-8, 53 p. — Toulouse, imp. Chauvin.

BOUGÈRE. Notice sur l'injecteur automoteur des chaudières à vapeur. In-8, 16 p. — Paris, imp. Chaix.

BUNSEN et SCHISCHKOFF. Théorie chimique de la combustion de la poudre. Traduit par A. Terquem. In-8, 68 p. — Argenteuil, imp. Worms; Paris, lib. Corréard.

Chemin de fer du Nord. Exploitation. Recueil des ordres de service et instructions de l'année 1858. (Suite de la collection générale de 1846 à 1857 inclusivement). 2e volume. Tome 3. In-8, 534 p. — Lille, imp. Danel.

NAVEZ. Expériences de balistique exécutées en Russie dans le courant de l'année 1858. In-8, 23 p. — Paris, imp. Gros et Donnaud; lib. Corréard.

Notice sur la machine hydraulique de M. L. N. Dejean de Fonroque. In-8, 8 p. et fig. — Paris, imp. Brière.

OLIVIER. Notes sur le drainage. In-8, 16 pages. — Caen, imp Poisson.

PARAMELLE. L'Art de découvrir les sources. 2e édition, revue, corrigée et augmentée. In-8, XXIV-428 p. — Paris, imp. Bailly, Divry et Ce; lib. Dalmont et Dunod.

Vichy. De l'usage des eaux minérales naturelles de Vichy dans l'Algérie, la Grèce, le Levant et les colonies. In-16, 32 p. et 1 carte. — Paris, imp. Renou et Maulde; 22, boulevard Montmartre.

Annales de chimie et de physique; par MM. Chevreul, Dumas, Pelouze, Boussingault, Regnault, de Senarmont, avec une revue des travaux de chimie et de physique publiés à l'étranger, par MM. Wurtz et Verdet. 3e série. Tome 55. Année 1859. In-8, 512 p. et pl. — Paris, imp. Mallet-Bachelier; lib. V. Masson.

BECQUEREL. Des eaux d'Ems. Études sur les propriétés physi-

In-12, XXXIV-400 p. — Caen, imp. et lib. Hardel; Paris, lib. Derache; Rouen. lib. Le Brument.

DELESSE. Recherches sur l'origine des roches. In-8, 56 p. — Paris, imp. Martinet.

FOURNET. Note sur certaines colorations de la lune et du soleil. In-8, 17 p. Versailles, imp. Beau jeune.

MAGNY. Méthode explicative des engrais déduite de la composition chimique des végétaux, de celle des différents engrais usités, des qualités diverses des sels et des propriétés physiques et chimiques des corps simples qui concourent à l'organisation végétale, indiquant la nature, la préparation et l'emploi des divers engrais, suivant la qualité du sol, etc.; simplifiée et mise à la portée de tous les cultivateurs avec application au jardinage. In-8, 104 pages. — Auxerre, imp. Boudin.

MARIE. De la suppression du canal Saint-Martin et de l'établissement des entrepôts libres. In-8, 11 p. — Neuilly, imp. Guiraudet; l'auteur, aux Ternes, 10, rue Saint-Ferdinand.

ORBIGNY (d'). Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques. Vignettes gravée en relief et sur cuivre par M. E. Salle. Tome 2, fascicules 1 et 2. In-18, 851 pages et tableaux in-4, 4 p. et 17 tableaux. — Corbeil, imp. Crété; Paris, lib. V. Masson (1851-1852).

PELOUZE et FRÉMY. Abrégé de chimie. 4[e] édition, conforme au programme officiel de l'enseignement dans les lycées, avec plus de 200 figures intercalées dans le texte. Partie II. Métaux et métallurgie; classe de seconde. In-18 jésus, 468 p. — Corbeil, imp. Crété; lib. V. Masson.

BREMIKER (C.). Annuaire nautique, ou Éphémérides et tables complètes pour l'an 1861, Grand in-8. — Berlin. G. Reimer.

Revue générale de l'architecture et des travaux publics, journal des architectes, des archéologues, des ingénieurs et des entrepreneurs, publiée sous la direction de M. César Daly, architecte, etc. 16 volumes, 1858. Grand in-4 à deux colonnes, 152 p., planches et gravures sur bois intercalées dans le texte. — Paris, imp. V[e] Lacour; 8, place Saint-Michel.

ROUBAUD. Les Eaux minérales de la France; Guide du médecin praticien et du malade. In-18 jésus, VIII-364 p. — Paris, imp. Bourdilliat; Librairie nouvelle.

ALLEMAGNE.

PLATTNER (C.-F.). *Vorlesungen uber allgemein Hüttenkünde*... Leçons de métallurgie, publiées et complétées d'après le manuscrit posthume de l'auteur; par M. Th. Richter. (L'ouvrage formera deux volumes avec de nombreuses figures dans le texte. La première livraison, qui a traité des combustibles, a paru.) — Engelhardt, à Freiberg (Saxe).

TÜNNER (P.). *Das Eisenhuttenwesen*... De la métallurgie du fer en Suède. 1 vol. in-8 avec figures dans le texte et 6 pl. — Engelhardt, à Freiberg.

GAETZSCHMANN (F.). *Die Aufbereitung*... Traité de la préparation mécanique. 1 vol. in-8 avec figures dans le texte. — Engelhardt, à Freiberg.

ZEUNER (G.). *Die Schiebersteurungen*... Traité de la distribution de la vapeur au moyen de tiroirs, spécialement dans les machines locomotives. (Extrait revu et complété du journal l'*Ingénieur civil*.) 1 vol. in-8 avec 6 pl.—Engelhardt, à Freiberg.

KRESSNER. *Systematische Abriss der Bergrichte*... Précis de la législation des mines en Allemagne et particulièrement en Saxe. 1 vol. grand in-8. — Engelhardt, à Freiberg.

REICH. *Die bisherigen Versuche zur Beseitegung der*... Exposé des recherches faites dans les usines fiscales de Freiberg pour obvier aux inconvénients de la fumée, etc. Brochure in-8.— Engelhardt, à Freiberg.

MAYER (L.). *Atlas der Alpenländer*... Atlas des Alpes, à l'échelle de 1/450.000. 9 feuilles in-folio. — Gotha.

STEIN (W.). *Anleitung*... Précis d'analyse qualitative. In-8. — Dresde.

DOVE (H.). *Optische*... Recherches sur l'optique. In-8. — Berlin.

Forschritte... Progrès de la physique pendant l'année 1857 (publication de la Société de physique de Berlin). 3ᵉ année, 1ʳᵉ partie. In-8. — Berlin.

GERLACH (G.). *Specifische*... Pesanteurs spécifiques des dissolutions salines les plus usuelles, à divers degrés de concentration. In-8 avec planches. — Freiberg.

HOFFMANN (L.). *Mathematische*... Dictionnaire de mathématiques, 8ᵉ livraison. In-8. — Berlin.

GERDING (T.). *Illustrirte Gewerbe-Chemie.* Chimie industrielle illustrée. 1re liv. In-8. — Gœttingue.

HARTMANN (C. F. A.). *Die Fortschritte...* Les progrès de la métallurgie dans ces derniers temps. In-8 avec 6 pl..— Leipzig.

Journal für... Journal de l'éclairage au gaz; publication mensuelle par N. H. Shilling et H. Schels. In-8.— Munich.

MOLL (C. L.) *und* F. REULEAUX. *Constructionslehre...* Principes de l'établissement et de la construction des machines. In-8 avec atlas in-folio. — Brunsvick.

NEUDTWICH (C. M.). *Grundriss der...* Principes de chimie industrielle. 3 vol. in-8. — Pest.

SCHEDEN (A.). *Pracktische...* Procédé pour la conservation des bois. In-8. — Leipzig.

SCHWARZ (H.) *Die Chemie...* La chimie et l'industrie de notre temps ou les parties chimiques les plus importantes de la fabrication d'après l'état actuel de la science. In-8. — Breslau.

WAGNER (J.-B.). *Hand-und Lehrbuch...* Traité-manuel de technologie. Vol. III. In-8. — Leipsig.

WERNICHE (A.). *Lehrbuch der Mechanik...* Traité élémentaire de mécanique. Vol. II. Mécanique des liquides. In-8. — Brunsvick.

BUCHNER (O.). *Die Feuermeteore...* Les météores incandescents et particulièrement les météorites; leur histoire et leur étude. In-8. — Giessen.

DEBEY (M.-H.) et von ETTINGSHAUSEN (C.). *Die urweltlichen...* Les bryozoaires de la craie d'Aix-la-Chapelle et de Maestricht. In-4 avec 7 pl. — Vienne.

DEBEY (M.-H.) et von ETTINGSHAUSEN (C.). *Die urweltlichen...* Les thallophytes de la craie d'Aix-la-Chapelle et de Maestricht. In-4 avec 3 pl. — Vienne.

Von DECHEN (H.). *Geologische Karte der...* Carte géologique des provinces du Rhin et de la Westphalie; section Lübbecke. — Berlin.

EHRENBERG (C.-G.). *Beitrag zur Bestimmung...* Recherches sur les animaux microscopiques qui vivent dans les Alpes à 20.000 pieds de hauteur. In-4 avec planches. — Berlin.

Handatlas der drei Naturreiche... Petit atlas des trois règnes de la nature. 3 parties. Grand in-8 avec beaucoup d'illustrations. — Breslau.

Repertorium für Meteorologie... Répertoire de météorologie,

ANGLETERRE.

Manual of... Manuel de géographie mathématique et physique; découvertes nouvelles, etc. 2 vol. in-8, 1852-59. — Londres.

SCORESBY (W.). *Journal of...* Journal d'un voyage d'observations magnétiques autour du monde. 1 vol. in-8.

SMILS. *The Story...* La vie de G. Stephenson. 1 vol. in-8.

DICKSON (J.). *The Unity...* Unité des sciences physiques. In-8. — Londres.

MARCOU (J.). *Reply of the criticisms...* Réplique aux critiques de J. D. Dana. In-8. — Zurich.

MAURY (M.F.). *The physical geography...* La géographie physique de la mer. In-8 avec cartes et planches. — Londres.

GIRARD (C.). *Herpetology of...* Herpétologie de l'expédition du capitaine Wilkes de 1839 à 1842.

BLACKE (W. P.). *Report of...* Rapport sur une reconnaissance géologique en Californie, faite avec l'expédition ayant pour but l'étude du chemin de fer entre le Mississipi et l'océan Pacifique, dirigée par le lieutenant R. Williamson, du corps des ingénieurs géographes en 1853, par W. P. Blake, géologue et minéralogiste de l'expédition. — Appendice contenant des descriptions de certaines parties de la collection, par le professeur Agassiz.

CASSIN (J. C.) *Mammalogy and...* Mammalogie et Ornithologie de l'expédition entreprise par les États-Unis, sous la direction du capitaine Wilkes, de l'année 1839 à 1842. Atlas in-folio, 1 vol.

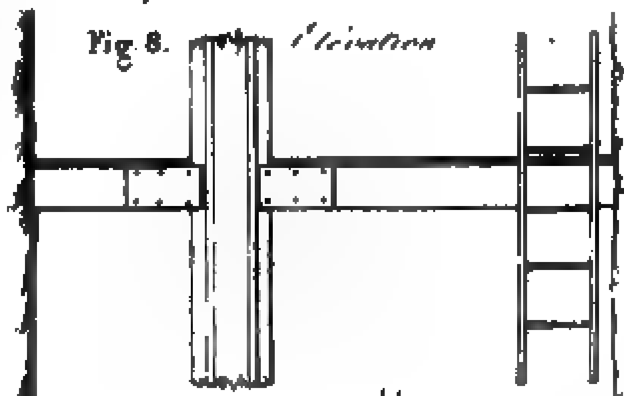
KURR (J. G.). *The mineral...* Le règne minéral avec illustrations coloriées. In-fol. — Hamilton.

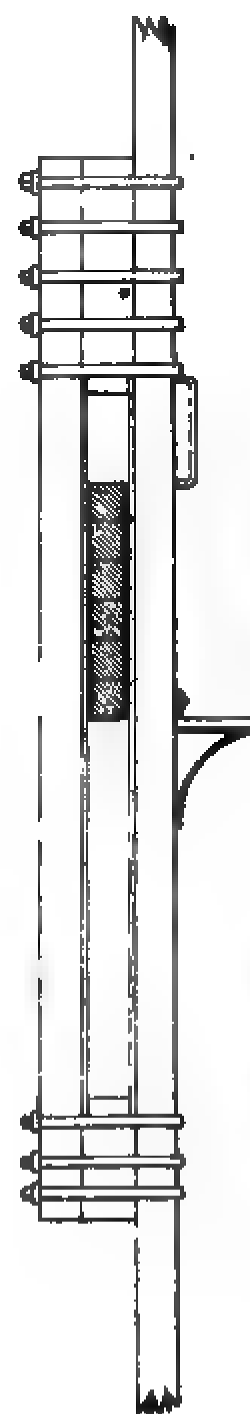
HICHKOCK (L. P.). *Rational...* Cosmologie rationnelle, ou les principes éternels et les lois nécessaires de l'univers. 8 vol. — New-York.

TOMES (R.). *Japan and...* Le Japon et les Japonais. Récit de l'expédition du gouvernement des États-Unis sous le commodore Perry. 2e édition, 8 vol.

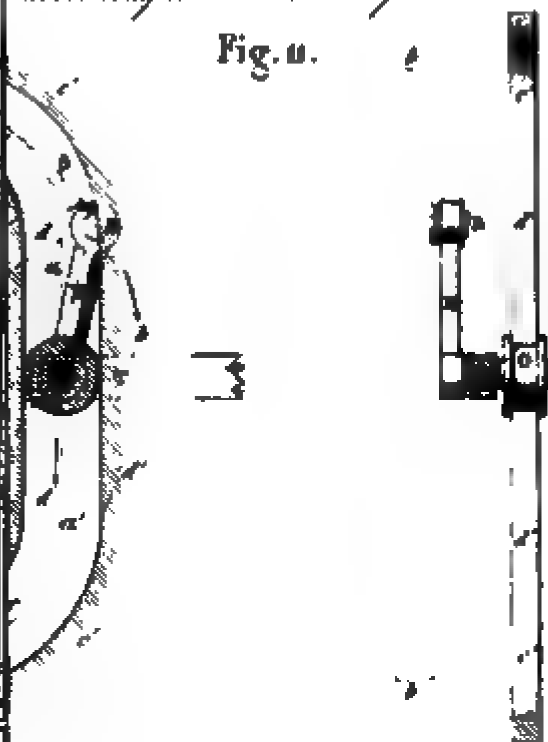
PAGE (D.). *Advanced text-book...* Géologie descriptive et industrielle. 2e éd. in-8 avec illust. cart. — Édimbourg.

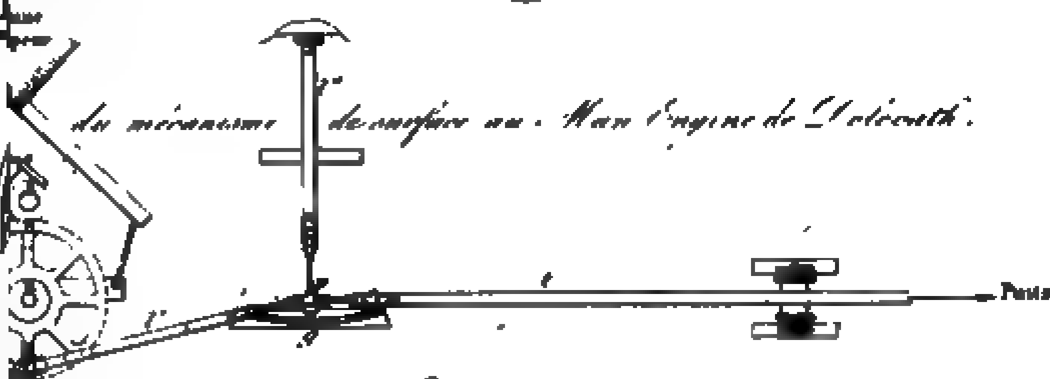
BUCKLAND(F.-T.). *Curiosities of Natural History...* Les curio-





... permettant de donner huit tours par minute
... arrêt complet de 1"25 aux points morts





...ier, pour fer à grains et acier naturel.

Fig. 5.

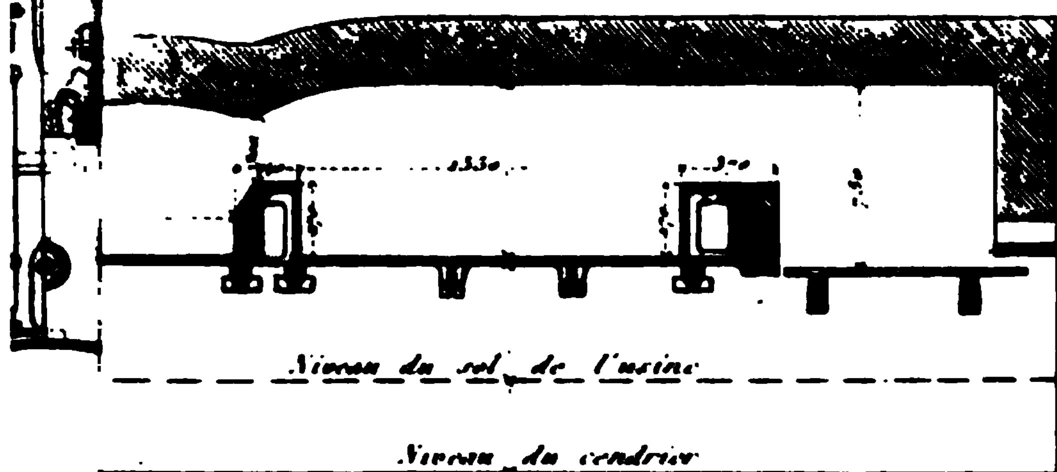
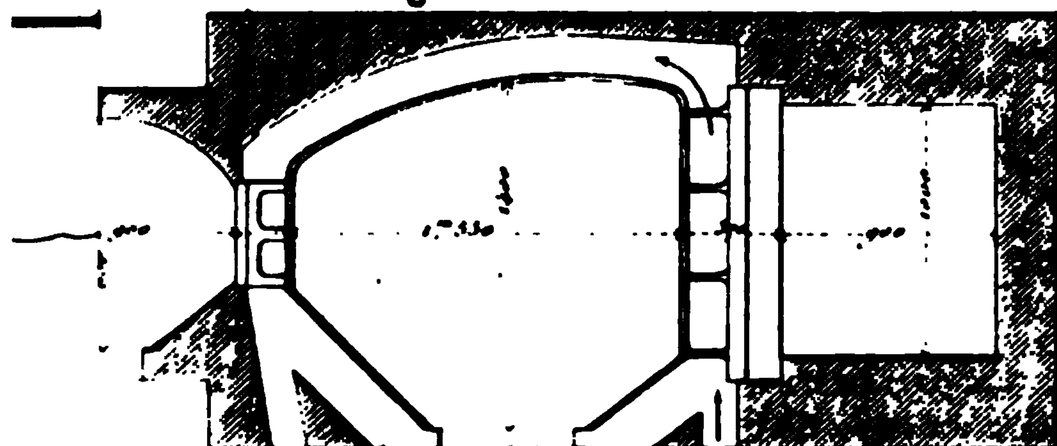


Fig. 6.



...es gîtes métallifères de Pallières (Gard)

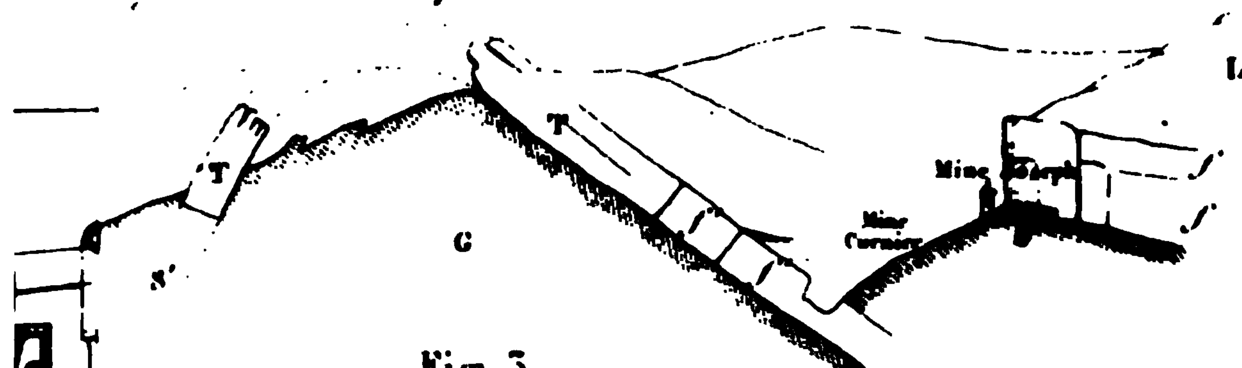


Fig. 3.

Coupe suivt PQ de la Fig. 2.

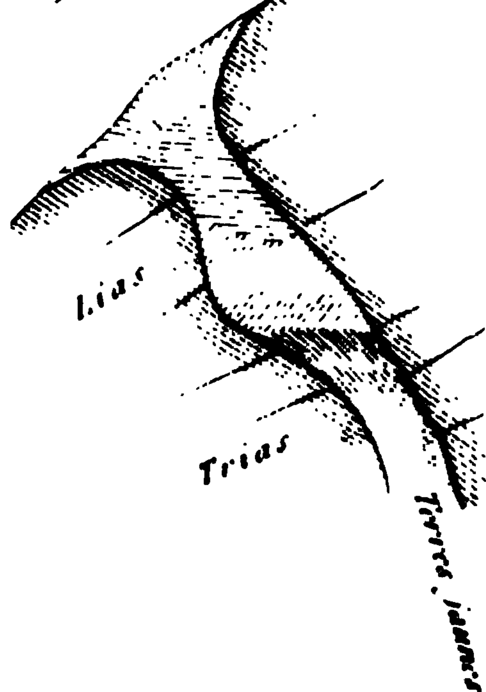
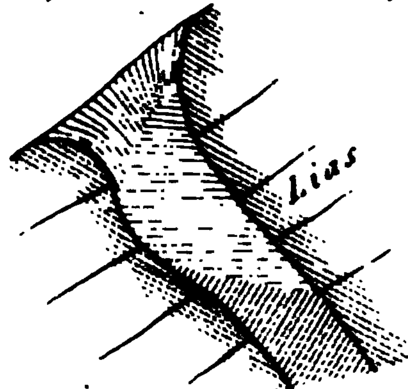


Fig. 4.

Coupe suivt MN de la Fig. 2.



Lemaitre sc.

[redacted]

Pl. II.

...ier, pour fer à grains et acier naturel.

Fig. 5.

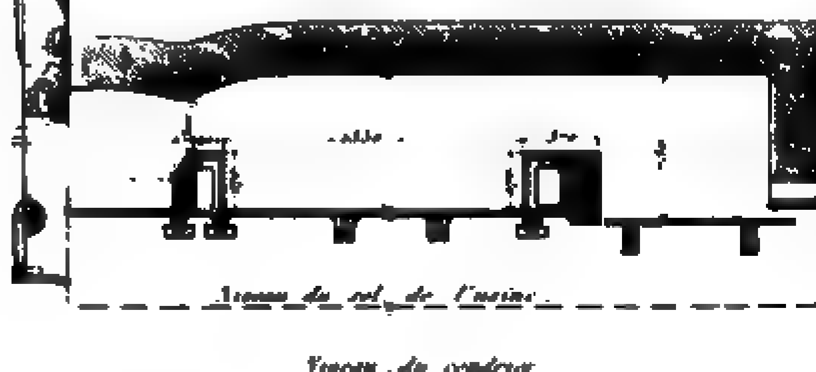


Fig. 6.



...les gîtes métallifères de Pallières (Gard)

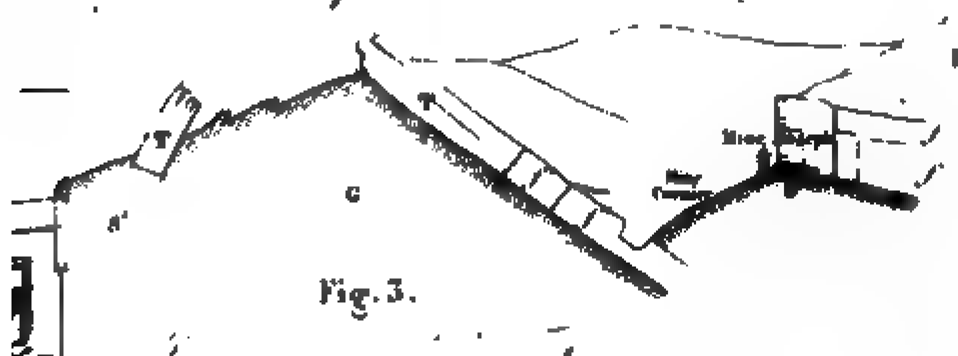
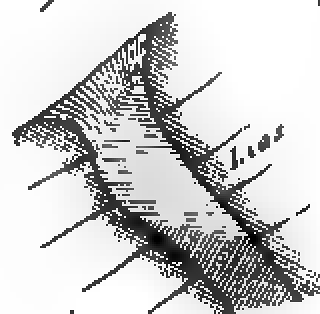


Fig. 3.

Fig. 4

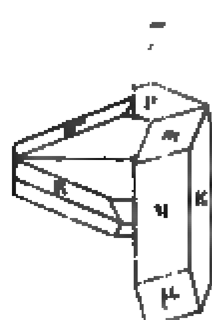


Pl. III

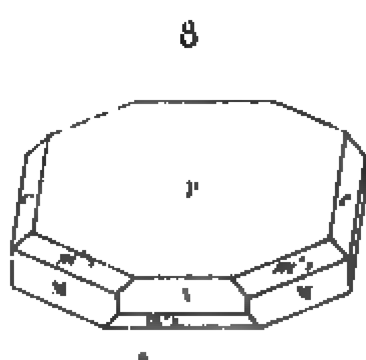
Tom

Lemaître sc

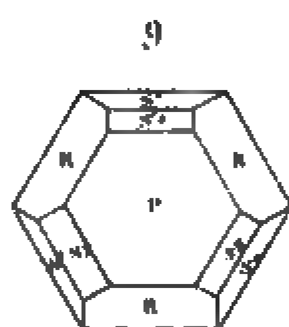
7

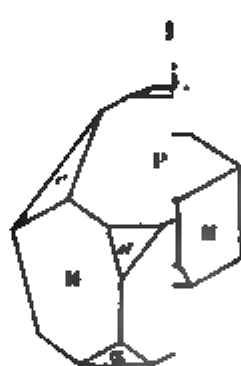


8

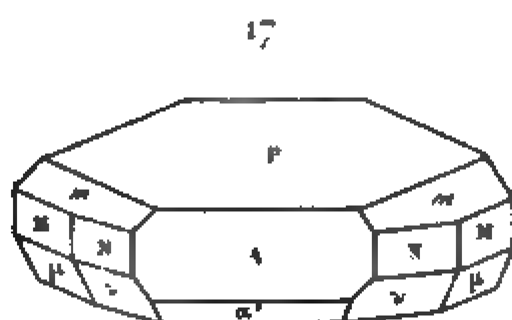


9

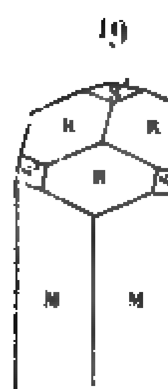




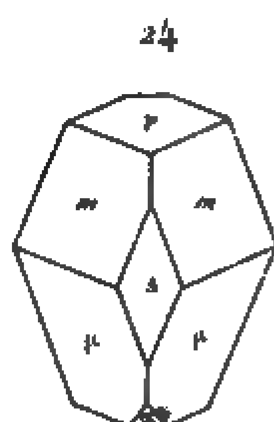
17



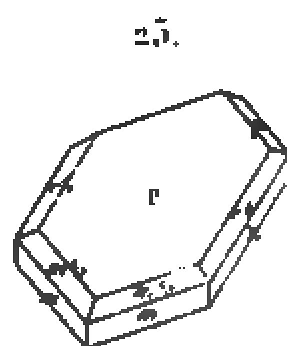
19



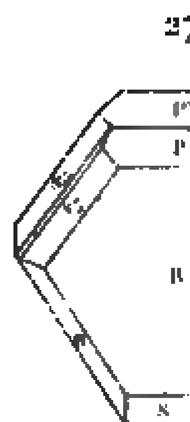
24



25.

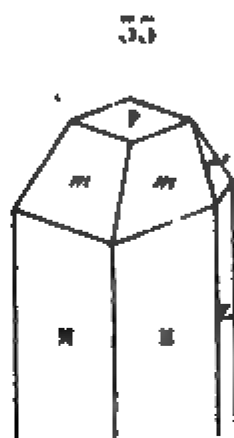


27



32

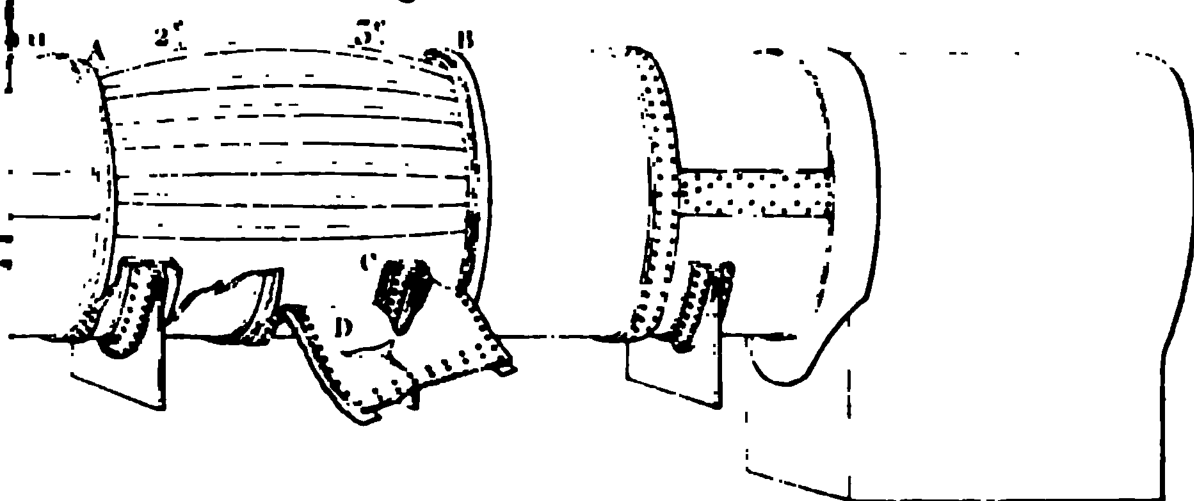
33



Lemaitre sc.

[redacted]

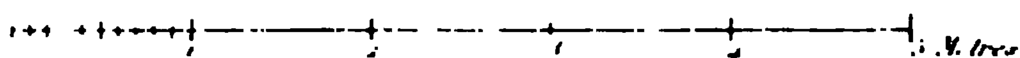
Fig. 3.



1er anneau

Fig. 4.





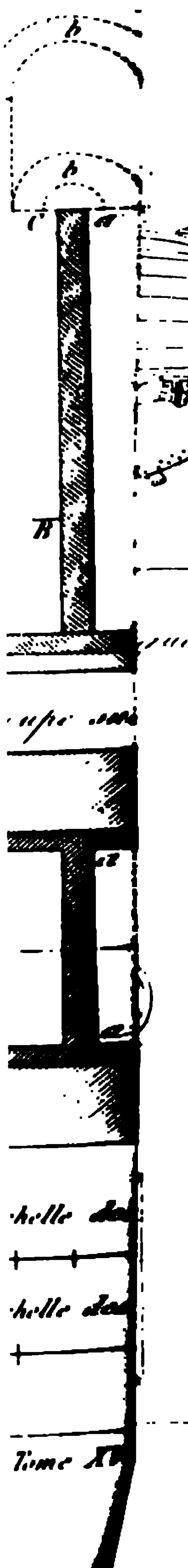


Fig. 7.

Fig. 5.

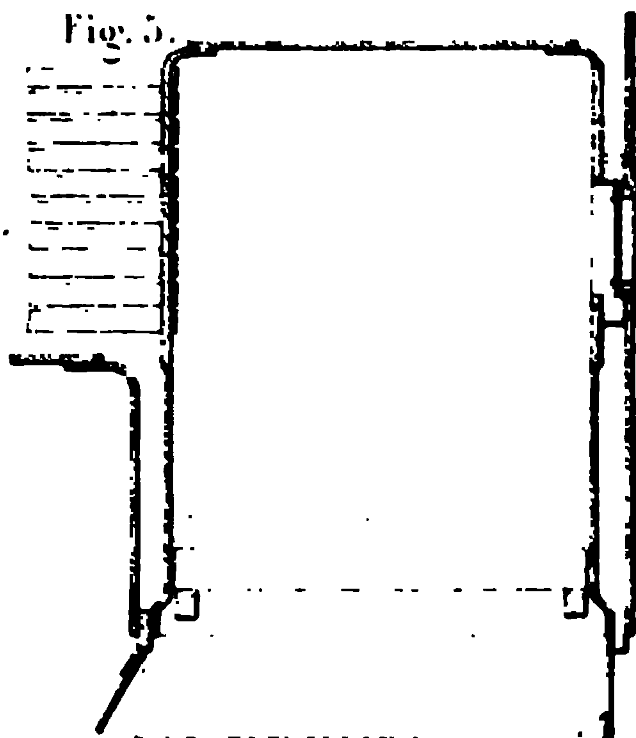
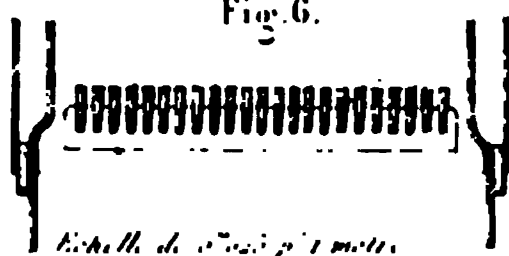
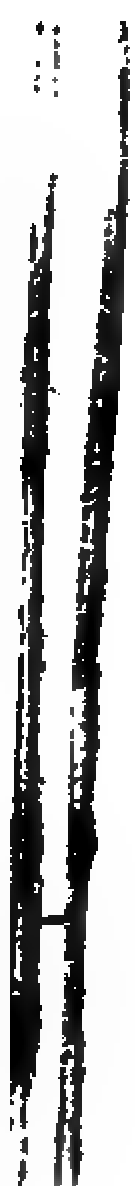


Fig. 6.







Pl. X.

Bâtiment du lavage

Coupe

pe par l'axe du bâtiment de la chaudière

Fig. 4

Échelle de

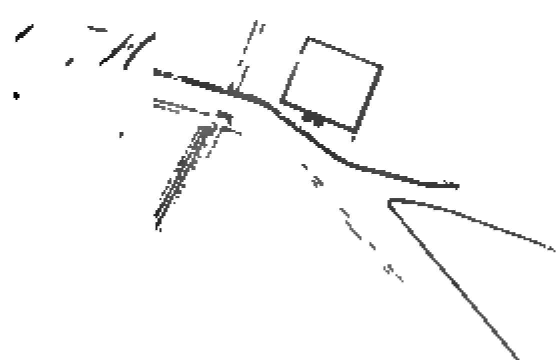
Échelle de 0m,002 pour 1 mètre.

5 10 20 30 40 50 mètres.

Lemaître sc

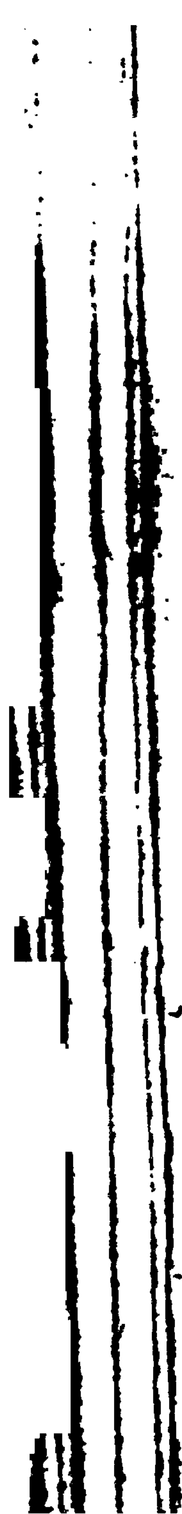
Plan général de l'usine
de Forbach

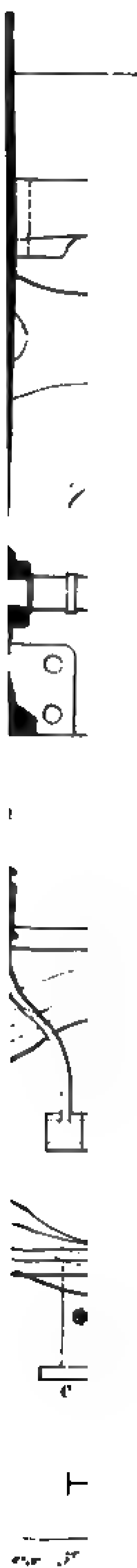
Fig. 2.



Lemaître sc

Pl. XII.





Lemaitre sc



LÉGENDE GÉOLOGIQUE.		
Terrain alluvien		al.
Terrain quaternaire		q
Terrain tertiaire supérieur		p
Terrain tertiaire moyen		m.
Terrain nummulitique		n.